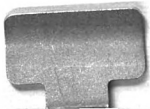
FISICA SPERIMENTALE E APPLICATA ALLE ARTI CON APPENDICE...

Pasquale Fornari

MACCHINA LOCOMOTIVA (60).

FISICA SPERIMENTALE

E

APPLICATA ALLE ARTI

CON

APPENDICE SULLE METEORE

E UN CENNO STORICO SULLA FISICA

SPIEGATA

AL POPOLO ED AI GIOVANETTI

DA

P. FORNARI

« Lo studio della natura c'insegna a conoscere l'onnipotenza, la perfezione, la impenetrabile sapienza di un **ESSERE** infinitamente sublime nelle opere sue. »

GIUSTO LIEBIG, *Lett. sulla Chimica.*

SECONDA EDIZIONE

CON CORREZIONI E MOLTISSIME AGGIUNTE

MILANO

TIPOGRAFIA E LIBRERIA EDITRICE GIACOMO AGNELLI

via Santa Margherita, 2

1872

CENNO STORICO SULLA FISICA

Il linguaggio del ver Fisica parla.
MASCHERONI, *Invito a Lesbia Cidonia.*

Gli antichi pochissimo e quasi nulla sapevano di fisica secondo il significato ora attribuito a questa parola (1). Essi, trascinati da vivace fantasia, piuttostochè esaminare gli avvenimenti della natura, inventavano, per ispiegarli, mille cose imaginarie. Verbigrazia, essi credevano che l'acqua salisse da sè in un tubo vuoto, e dicevano che ciò avveniva perchè *natura ha orrore del vuoto.* Il fulmine, a detta loro, era l'arma di Giove, capo degli dèi. I venti erano esseri vivi e arditi, cui il loro re Eolo teneva chiusi e incatenati in una caverna del monte Etna. L'Iride era per loro vaghissima fanciulla, messaggera della dea Giunone, e via di questo passo.

Cotali e simili erano le spiegazioni che gli antichi davano dei fenomeni naturali. Però pochissime furono le invenzioni loro in fatto di fisica. Pure tra quelle pochissime alcune sono assai importanti. Tale è, p. e., l'invenzione del peso specifico fatta da Archimede (Vedi 18). Ecco il fatto come si dice avvenuto.

Era Archimede un celebre matematico di Siracusa. Il re Gerone avevagli dato una corona per saper da lui se era di tutt'oro o no, senzachè però la si disfacesse. Archimede ci pensò gran pezza, ma non sapeva come rispondere al quesito. Un dì, come usava, andò al bagno. Stando ivi, osservò che tutte le volte che egli entrava nel bagno, cacciava fuori dalla vasca la stessa quantità di acqua. Egli allora si disse: *Se il mio corpo fosse di ferro, caccerebbe fuori la stessa quantità di acqua? — Sì,* rispose tosto, *perchè il volume del corpo non cambia. — E se il corpo fosse d'argento? — Sì, per la stessa ra-*

(1) La parola *fisica* è greca e significa vagamente: *natura.*

gione. — Se fosse d'oro? — Sì ancora. — Eppure il peso dell'acqua uscita dalla vasca sarebbe sempre uguale. Quindi paragonando il peso dell'acqua col peso del corpo immerso, io posso ben sapere il peso relativo delle diverse materie. Dunque... eureka! eureka! (1). — Qui Archimede salta fuori del bagno e, nudo così come era, corre a casa gridando qual pazzo: *eureka! eureka!* Archimede, cercando il peso specifico dell'argento, del rame, dell'oro, ecc., potè conoscere se la corona era di oro massiccio o che altro.

Archimede conobbe anche la potenza degli *specchi ustori* (V. 76). Dicesi che, quando i Romani assediarono Siracusa, egli con tali specchi abbruciasse le navi loro che stavano dinanzi al porto. Inoltre egli inventò la leva e altre utili macchine.

I Romani, presa Siracusa dopo tre anni di assedio, comandarono di risparmiare Archimede: tanto l'uomo di merito è stimato fin dai nemici! Durante l'eccidio della città Archimede se ne stava in sua casa tracciando tranquillamente delle figure geometriche sul suolo. Un soldato romano, veduto quest'uomo in così strana posizione, gli domandò chi fosse e che facesse. Ma Archimede o non udisse o non se ne curasse, nè rispose nè si mosse punto. Per il che l'indispettito Romano lo passò fuor fuori colla spada. Questo avvenne nell'anno 541 dopo la fondazione di Roma.

Anche nel medio evo la fisica progredì poco. Invece di studiare i fenomeni della natura, si spiegavano colle così dette regole di Aristotile. Fu costui un antico filosofo (2), la cui dottrina venne molto in voga nel medio evo; laonde era egli detto per antonomasia il *maestro*. Però ad ogni questione si rispondeva col famoso: *Ipse dixit* (egli disse), e nessuno osava più zittire. Sarebbe poi stata somma temerità, per non dire empietà, porre in dubbio le asserzioni del *maestro*, ovvero esaminare con diverse norme da quelle che egli stesso propose.

Tuttavia anche in quel bujo, qualcuno a forza d'annaspare trovò qualcosa. Verbigrazia Flavio Gioja d'Amalfi nel 1300 trovò la bussola; il monaco pisano Alessandro Spina o il fiorentino Salvino degli Armati gli occhiali; G B. Della Porta la camera oscura e — sapete che? — fin la fotografia, che, è vero, per lui fu un sogno, ma diceva bene un dì Victor Ugo: *Les rêves des grands hommes sont les gestations de l'avenir.* Così altri altre cose inventarono e scoprirono via via.

Ma la scienza che propriamente *fisica* è detta, dovea cominciare col pisano Galileo Galilei (1564-1642).

Questi, giovinetto ancora, udiva messa in duomo di Pisa. Il sacristano, accendendo un moccolo alla lampada che stava dinanzi all'altare, la fece oscillare. Galileo vide e osservò che le oscillazioni si compievano in un tempo sempre uguale. Questo fatto gli fa inventare il pendolo e scoprire poco di poi le leggi della *gravità* e tant'altre cose. Galileo pel primo osò sostenere il girar della terra intorno al sole. Ho detto *osò*, perchè

(1) Parola greca che significa: *ho trovato.*
(2) Nacque a Stagira (ora Libanova in Macedonia) nell'anno 384 av. G. C. e morì in Eubea nel 322.

non ci volle meno dell'ardire d'un Galilei a farlo e di quei giorni. Difatti dovette egli per questo soffrire molte persecuzioni, alle quali però sempre rispondeva: *Eppur si muove!* Inoltre egli inventò il *cannocchiale* e in una notte ci cambiò il cielo. Inventò il *microscopio* e così, nuovo Colombo, ci scoperse un nuovo mondo di viventi in una goccia d'acqua. Con queste e altre scoperte assicurata era la vita della nuova scienza sperimentale che propriamente *Fisica* è detta, cui fecero poi bella corona le scienze sorelle: *Chimica, Astronomia, Geologia*, ecc.

Un dì i fontanieri del granduca di Toscana chiesero a Galileo, perchè l'acqua non voleva salire oltre i 32 piedi (M. 10,33). Galileo, preso così all'impensata, rispose lì per lì tanto per dire: *Gli è perchè natura ha orror del vuoto fino a 32 piedi, e dopo non ha più orrore.* I fontanieri aggiunsero: *amen.* Non così Evangelista Torricelli romano (1608–1647), scolaro di Galileo. Egli vide che il maestro fu imbarazzato della domanda e che volle dare una rispesta, come or si dice, *evasiva*, cui egli stesso guari non credeva.

Però il Torricelli assuefatto dal maestro a sperimentare ed esaminare le cose prima di giudicarle, ripetè l'esperimento fino a tanto che venne a scoprire la verità, cioè che l'acqua saliva nei tubi vuoti pel peso dell'aria (V. 31) ed inventò il *barometro.*

Dei discepoli del Galilei s'è formata la famosa *Accademia del Cimento* di Firenze, ove il sacro fuoco della nuova scienza si serbò e accrebbe, e che fu il modello delle accademie scientifiche istituite di poi in tutto il mondo. Essa prese per motto due parole di Galileo, che furono la potentissima leva del movimento scientifico che iniziò una nuova civiltà:

PROVANDO e RIPROVANDO.

Quando il Galilei moriva, nasceva l'inglese Isacco Newton (1642–1727), il quale seminò là dove quegli aveva arato.

Stava un dì il Newton nel giardino sdrajato sulla molle erbetta alla fresc'ombra di un pomo. Una mela matura si stacca dal ramo e gli cade sul capo. Newton balza in piè toccandosi la parte offesa, e guardando l'albero: *Fortuna*, gli dice, *che sei poco alto; se fossi stato alto come una rovere, un pino, povera la mia testa!* Poi pensò un poco e continuò: *E se l'albero fosse stato alto fino alla luna?...* Questo momento di riflessione fece scoprire al Newton l'*attrazione universale* (V. 13). Inoltre l'osservare le bolle di sapone fatte da un ragazzetto per giuoco, suggerì allo stesso Newton la bella teoria dei colori (V. 92).

Così il Galilei e il Newton posero i veri ed incrollabili fondamenti della fisica. Tutte le altre scoperte e invenzioni vennero in seguito all'impulso dato da quei due grandi.

Ma fino dopo la metà del secolo XVII la fisica mancava di una parte importante, cioè dell'*elettricità,* donde il telegrafo.

Fino da 600 anni prima dell'era volgare, il filosofo Talete notò che l'ambra gialla, strofinata, attraeva i piccoli corpi.

Per 22 secoli nessuno più ci badò punto punto. Fu solo nel secolo XVII che il medico inglese Guglielmo Gilbert di Glocester fece osservare che non solo l'ambra ma altri corpi, strofinati, avevano la proprietà di attrarre pezzettini di carta, ecc. Ciò porse occasione a tante belle scoperte e macchine, che vedremo a suo luogo.

Alessandro Volta di Como (1745-1827), professore a Pavia, studiò molto i fenomeni elettrici, inventò l'*elettroforo* (V. 103) e altri preziosi strumenti che riguardano l'elettricità. Ma la maggiore invenzione del Volta fu la *pila* (V. 106). Ed ecco come avvenne questa invenzione.

Luigi Galvani, modenese (1737-1704), medico di Bologna, osservò che una rana appesa ad un balcone di ferro con un uncinetto di zinco si contraeva. Il Galvani e il Volta diversa cagione attribuirono a questo, e nacque tra loro una lunga lotta. Se non che il Volta, a provare il suo fatto, costrusse la *pila*. Quali e quante applicazioni si facessero poi della pila, noi lo vedremo. Basti nominare l'ultima, la più sorprendente, che è quella del telegrafo elettrico (V. 113).

Telegrafo e vapore, ecco i due grandi avvenimenti dei giorni nostri, per cui abbreviate e quasi annullate le distanze, tutti i popoli si ravvicinano in una grande famiglia. Ed è gloria massima dell'Italia che queste due invenzioni (1), come la maggior parte delle più importanti invenzioni e scoperte di fisica, sieno state fatte da' suoi figli. Archimede, Galileo e Volta, soli basterebbero a celebrare il nome italiano, se questo avesse bisogno di gloria alcuna, dopochè fu pur quest'Italia maestra di coltura e civiltà per molti secoli a tutto il mondo, ricevendo poi in ricambio dallo straniero catene e disprezzo. Che perciò? Retaggio del genio è sempre, come negli individui, così nelle nazioni, il dolore. Compenso però ci sta il sentimento d'una grandezza non mai mentita di secolo in secolo, la quale voi dovete, o giovanetti, tramandare integra e accresciuta ai posteri, collo studio e col volere, tanto più ora che nuovi tempi chiamano l'Italia a nuovi e migliori destini.

(1) Il primo che applicasse la forza motrice del vapore acqueo fu Giov. Branca da Canobbio nel 1627 (V. 60, nota).

CAPO I

Dei Corpi.

1. **Corpi.** — Tutto ciò che si può vedere, toccare e sentire, si chiama *corpo*. Un sasso si vede; dunque un sasso è un corpo. L'acqua si tocca; dunque l'acqua è un corpo; ecc.

2. **Materia.** — La cosa ignota di cui è formato un corpo, dicesi *sostanza* o *materia*. — Le materie dei corpi sono moltissime e diversissime. Così la materia del ferro è diversa da quella del legno. La materia dell'olio non è quella del sasso, ecc.

3. **Molecole, Atomi.** — Ogni corpo si può dividere in piccolissime parti. Ogni parte si può dividere in altre particelle più piccole. Queste si possono dividere forse ancora. Finalmente vi devono essere particelle così piccole che non sono più divisibili. Queste particelle indivisibili son dette *atomi*. Essi sono minutissimi e impercettibili all'occhio (1).

Un gruppo di atomi si chiama *molecola*. Epperò un corpo non è altro che un aggregato di molecole.

4. **Stati dei corpi.** — Una pietra è un corpo; l'acqua è un corpo; anche l'aria è un corpo. Eppure essi hanno tre modi di essere differenti. Ma il modo di essere di un corpo si dice *stato*. Dunque tre sono gli *stati* dei corpi, cioè: 1.° lo *stato solido*, che è quello dei legni, dei sassi, del ferro, ecc.; 2.° lo *stato liquido*, come quello dell'acqua, dell'olio, del vino, del mercu-

(1) *Atomo* è parola greca che dice appunto: *indivisibile*, come la parola *molecola* viene a dire *piccola mole*.

rio, ecc.; 3.° lo *stato aeriforme* o *gasoso*, quale è lo stato dell'aria, del fumo, del vapore dell'acqua bollente, ecc. Perciò si dice che alcuni corpi sono *solidi*, altri *liquidi* e altri *gasosi* (gas).

I liquidi e i gas sono anche detti con un solo nome *fluidi*, da *fluere* o *fluire*, cioè scorrere.

Ciò che distingue i solidi dai fluidi è la stabilità delle molecole, chè nel solido una molecola conserva sempre lo stesso posto per rispetto alle altre. — I gas poi si distinguono dai liquidi per la espansibilità delle molecole loro (27).

5. **Fenomeno** [1]. — Ogni cosa che avvenga di un corpo, si dice *fenomeno*. Per es.: la caduta di un sasso è un *fenomeno*, il gelare dell'acqua, il prodursi del suono, ecc., sono *fenomeni*. — Ogni fenomeno è l'effetto di una *causa*. La fisica cerca e spiega le *cause* dei fenomeni, ma soltanto di quelli che non cambiano la natura dei corpi in cui avvengono. Per esempio, l'acqua o liquida o aeriforme o solida è sempre dessa.

6. **Proprietà generali dei corpi.** — Si dicono proprietà generali dei corpi quelle qualità che sono comuni a tutti i corpi. Essi sono le otto seguenti: *a)* l'*estensione*; — *b)* l'*impenetrabilità*; — *c)* la *divisibilità*; — *d)* la *porosità*: — *e)* la *compressibilità*; — *f)* l'*elasticità*; — *g)* la *mobilità*; — *h)* l'*inerzia*.

a) **Estensione.** — Si dice *esteso* ciò che occupa spazio. Or bene tutti i corpi occupano spazio. Anche una molecola, anche un atomo occupa spazio, per quanto piccolissimo sia. Dunque *tutti i corpi sono estesi.*

Se un atomo non occupasse spazio, neppur milioni di atomi occuperebbero spazio; difatti 1000000 di volte 0 fa sempre 0. Ora i corpi non sono che l'unione di milioni e milioni di atomi. Quindi se un corpo sensibile occupa spazio, anche un atomo deve occuparne tanto o quanto.

b) **Impenetrabilità.** — Per l'*impenetrabilità* un corpo non può occupare, nello stesso tempo, lo spazio che è occupato già da un altro corpo. Perciò una penna non può occupare il posto dove è intanto un'altra penna. Neppure un atomo può stare nel luogo dove è

(1) *Fenomeno* è parola greca che vuol dire: *apparizione, avvenimento.* Per questa e per altre parole greche frequentissime nella scienza, vedi il bel *Dizionarietto etimologico delle voci di origine greca del prof.* M. Gatta. *Milano,* Giacomo Agnelli, 1867.

un altro atomo. — Quando io verso del vino nell'acqua, i due liquidi si mescolano. Ciò vuol dire che le molecole del vino si sono messe fra mezzo a quelle dell'acqua. Ma il posto che occupa una molecola di vino, non è occupato dalla molecola di acqua. Difatti versando il vino nell'acqua, il liquido sale nel bicchiere.

Per questo versando del liquido in una bottiglia in fretta mediante un imbuto, il liquido ingorga, perchè l'aria che è nella bottiglia non essendo potuto uscire, oppone resistenza al liquido che entra e ottura il foro del becco dell'imbuto.

c) **Divisibilità.** — Tutti i corpi si possono dividere in parti piccolissime. Non si può dire quanto grande sia la divisibilità dei corpi. Ogni corpo si divide in molecole; ogni molecola si divide in atomi. Nessuno può immaginare a quale piccolezza può ridursi un corpo (3).

Se distemperi un pezzetto di colore in molt' acqua, questa si colora. Il pezzetto così si divise in un numero infinito di parti, le quali nuotano sospese nell'acqua stessa e le dànno colore. Pensa ora quanto sieno piccole quelle particelle! — Cinque centigrammi di carminio, tanto, per volume, quanto un granello di frumento, può colorire in rosso 2 litri di acqua. Orbene un litro contiene un milione di millimetri cubi d'acqua. Se ogni millimetro ha solo 10 molecole di carminio, in un litro ne sarebbero 10,000,000, e 20 milioni in due litri! — Un filo di ragnatela è una corda intrecciata da circa 6000 fili uniti insieme. — In una gocciolina di acqua vivono migliaja di animaletti di diverse forme. Questi animaletti hanno la loro bocca e i loro vasi. — Il sangue è composto di molti globetti rossi i quali nuotano in un liquido detto siero. Una goccia di sangue che può stare sulla punta d'un ago, contiene più d'un milione di que'globetti. — L'odore è prodotto da piccolissime particelle che si staccano dall' oggetto odoroso. Queste particelle son portate dall'aria nel naso e vi producono la sensazione dell'odore. Le stesse particelle odorifere sono poi si piccole che non si posson vedere nè toccare. Cinque centigrammi di muschio possono per venti e più anni dar odore in una stanza, senza che quel muschio diminuisca sensibilmente di peso o di grossezza. — L'oro vien dal battiloro ridotto in sottilissimi fogli di appena un diecimillesimo di millimetro di spessore. Con centigrammi 5 di oro in foglia potrebbesi coprire una superficie di circa Mq. 10. — Centigrammi 5 di platino si può ridurre in un filo lungo un miglio (cioè M. 1500) e si sottile da volerne 150 per uguagliare la grossezza del più sottil filo di seta. — Lo spessore di una bolla di sapone nella parte nera è la 200 millesima parte di un millimetro!

d) **Porosità.** — Se si comprime un pezzo di sughero, questo si restringe nella sua forma. Ciò prova

che le molecole del sughero non si toccavano tra loro. Se non si toccavano, c'erano tra di loro degli interstizi o spazi. Questi interstizi tra molecola e molecola sono detti *pori.*

In tutti i corpi vi sono pori, come provano i fatti.

I pori della spugna, della pomice, del legno, ecc., si vedono, perchè sono come forellini. Ma i pori di molti corpi non si vedono, sebbene vi sieno. — Così il vetro lascia passare la luce attraverso i suoi pori. — I liquidi attraversano il legno, la terra, ecc., passando pei pori di questi corpi, e sono più o meno attraversati dalla luce. — Il sudore esce pei pori della nostra pelle. — L'olio penetra nei pori del marmo. — Un mezzo litro di alcool e altro mezzo di acqua, mescolati insieme, non fanno un litro, perchè l'acqua penetra nei pori dell'alcool. — L'acido nitrico penetra nei pori di alcuni metalli e li discioglie. — Gli Accademici del Cimento nel 1661 rinchiusero dell'acqua in una palla d'oro, che batterono col martello sull'incudine. L'acqua si vide gemere di fuori.

Volume, Densità, Massa. Supponiamo d'avere in mano due palle, uguali di grossezza, ma una di ferro e l'altra di legno. Si dice che queste due palle hanno lo stesso *volume*, perchè hanno tutte e due la stessa grossezza. — Dunque il *volume* di un corpo è la grossezza o mole di esso.

Ma la palla di ferro è più pesante di quella di legno. Perciò la palla di ferro deve contenere maggiore quantità di materia o di molecole. Invece la palla di legno ne deve avere minor numero. Ma questa palla è della stessa grossezza di quella di ferro; perciò il legno deve avere più pori del ferro. Quindi si dice che il ferro ha più *densità* o è più *denso* del legno. — Dunque la *densità* di un corpo è la quantità di molecole di esso, in confronto di un altro di ugual volume.

Infine si dice *massa* la quantità di materia di un corpo, senza confronto di volume.

Esempio: Poniamo un legno che pesi un chilogramma, e un pezzo di piombo che pure pesi un chilogramma. Questi due corpi hanno la stessa *massa*, perchè hanno la stessa quantità di materia. — Ma essi hanno diverso *volume*. Difatti un chilogramma di piombo è grosso come un uovo di gallina circa, mentre un chilogramma di legno è una grossa scheggia. — Infine essi hanno diversa *densità*. Invero un legno grosso come il piombo peserebbe assai meno. E viceversa un piombo grosso come il legno peserebbe assai più, perchè il piombo è più denso o (che è lo stesso) meno poroso.

e) **Compressibilità.** — Tutti i corpi si possono ridurre a un volume più piccolo per mezzo della pressione, perchè sono porosi. Essendo essi porosi, le molecole si possono più avvicinare tra loro. Così un pezzo di sughero si può, comprimendolo, ridurre a metà del suo primo volume. Quindi si dice che il sughero è *compressibile.*

Tutti i corpi sono *compressibili.* Più compressibili di tutti sono i gas. Poi sono i solidi. Pochissimo compressibili sono i liquidi.

Le monete di rame, d'argento e d'oro sotto la forte pressione del punzone si coniano, ossia si improntano delle parole e dell'altre cose nel punzone incise.

f) **Elasticità.** — Piegate ad arco una canna d'India o una lama di spada e poi lasciatela andare. Ecco, essa ritorna diritta come prima. Ciò succede per la *elasticità,* chiamandosi così la proprietà dei corpi di riprendere la loro forma o il lor volume primitivo. — Se comprimo nelle mani una palla di gomma elastica, questa diminuisce di volume. Se cesso di comprimerla, essa riprende il suo primitivo volume.

Per la elasticità le maglie si allungano e si accorciano; le molle si piegano e scattano; una palla di ferro, di avorio, ecc.. rimbalza, se si getta contro il suolo; un saltaleone e la gomma elastica si allunga e si accorcia; i turaccioli di sovero chiudono ermeticamente le bottiglie, ecc.

Si spalmi leggermente una tavola di marmo, e dall'alto vi si lasci cadere una palla di avorio. Questa rimbalza. Se allora si osserva la tavola, si vedrà un'impronta circolare, tanto più grande quanto è stata maggiore l'altezza da cui la palla fu lasciata cadere. Dunque la palla si è veramente schiacciata, chè un corpo circolare non può toccare un piano che per un punto solo, senza schiacciarsi.

I gas e i liquidi sono i corpi più elastici. Se pongo un dito nell'acqua, essa facile cede. Ma se ne lo ritiro, essa ritorna come prima. — Tra i solidi hanno molta elasticità la gomma elastica, l'avorio, il vetro, il marmo. Poca ne hanno i grassi, le argille, il piombo, ecc.

g) **Mobilità.** — Tutti i corpi possono essere mossi da luogo a luogo. Perciò tutti i corpi son *mobili.*

h) **Inerzia.** — Nessun corpo può passare da un luogo ad un altro da sè, senza che una forza estranea lo muova. E un corpo mosso si moverebbe eter-

namente, se un'altra forza contraria non lo fermasse. — È questa duplice proprietà dei corpi che si dice: *inerzia*.

Per l'inerzia un sasso giacerà sempre immobile in un luogo, se nessuno o niente lo muove. — Io lancio un sasso verso il cielo. Se non ci fosse l'attrazione terrestre (di essa parleremo al N. 9), il sasso seguiterebbe a correre diritto nello spazio per tutta la eternità. Così le stelle seguitano a rotare negli spazii, dopochè Dio ve le ha lanciate. — Chi discende da una carrozza in moto, cade nella direzione del corso della carrozza stessa. Ciò avviene per la legge di inerzia. Il nostro corpo è assuefatto a correre colla carrozza, ossia al moto. Quando si salta in terra, il nostro corpo vorrebbe correre ancora. Ma i piedi per terra lo trattengono, mentre il resto del corpo è trascinato verso il corso della carrozza; quindi si cade. — Quando la carrozza comincia a muoversi, il mio corpo prova un urto in senso contrario al corso della carrozza. E perchè? Il mio corpo è prima nello stato di quiete. Quando la carrozza si muove, esso corpo vorrebbe stare ancora in quiete. Quindi succede quel movimento sopra detto, appena la carrozza si muove. — Per saltare un fosso, io prendo la rincorsa. Così avvezzo il mio corpo al moto. — Se si arresta una locomotiva all'improvviso, i carri seguitano a correre; poi si urtano l'uno contro l'altro, si fracassano, si sfracellano. — Chi corre, non può subito arrestarsi. — A movere un carro in principio, si fa più fatica che a tirarlo quando è già in movimento. — Chi corre, se inciampa col piede in un ciottolo o altro, cade, chè non può lì per lì fermare il suo corpo.

Tutto ciò avviene per l'*inerzia*. Per questa un corpo in quiete dovrebbe sempre restare in quiete. Un corpo in moto dovrebbe continuare sempre in moto. E continuerebbe, se altre forze non vi si opponessero, tra le quali è prima quella di *gravità* (9).

6 *(bis)*. **Proprietà particolari.** — Oltre le proprietà generali vi ha pei solidi certe altre particolari proprietà che sono: *tenacità, durezza, duttilità, malleabilità*.

a) **Tenacità.** — Sospendiamo un fil di ferro e un altro di canapa, di eguale grossezza e lunghezza. All'estremità di ciascuno si appenda un piatto di bilancia. Su questo si pongano mano a mano dei pesi, finchè l'uno o l'altro filo si stronchi. Non c'è dubbio che la canapa si troncherà più presto assai del filo di ferro. Perciò si dice che questo è più tenace, poichè la *tenacità* è per l'appunto la resistenza che i corpi solidi oppongono alla rottura.

Dalle sperienze risulta che un'asta cilindrica di ferro di un centimetro quadrato di taglio porta fino a 6000 chilogrammi.

Un ugual palo di frassino si spezza a Cg. 1200, un altro di quercia a 700, una corda di pianoforte a 100. — Di due verghe eguali di peso e di lunghezza, ma l'una piena e l'altra vuota come tubo, resiste assai più la vuota che l'altra. Quindi le ossa, le piume, gli steli graminacei, ecc. furono saggiamente da natura fatti cavi.

b) **Durezza.** — Fregando insieme due corpi diversi, l'uno solcherà l'altro; cioè, il più duro il meno duro. Però il diamante che tutti i corpi solca, e da nessuno è offeso, è il più duro senza contrasto. Dopo il diamante si ha per ordine di durezza il zaffiro, il rubino, il cristallo di rocca, la silice, ecc.

c) **Duttilità.** — Alcuni corpi per *trafile*, *filiere* e *laminatoi* si possono trarre in fili sottilissimi, o in sottilissimi fogli distendere. L'oro, l'argento, il rame son duttili a freddo; ma il vetro non è tale, che ammollito al fuoco.

d) **Malleabilità.** — I corpi duttili si distendono facilmente sotto i colpi del martello. Perciò si dicono *malleabili*, da *malleus*, che è il nome latino del martello. La malleabilità cresce colla temperatura del corpo stesso. L'oro è malleabile assai bene anche alla temperatura ordinaria. Lo sa il battiloro, che così col martello lo riduce in fogli sottilissimi.

Alla filiera i metalli più duttili sono per ordine i seguenti: Platino, Argento, Ferro, Rame, Oro, Zinco, Stagno, Piombo. Al laminatojo sono: Oro, Argento, Rame, Stagno, Piombo, Zinco, Platino, Ferro. Al martello: Piombo, Stagno, Oro, Zinco, Argento, Rame, Platino, Ferro. — Ma questi metalli devono essere puri, chè in lega con altri perdono assai di duttilità.

CAPO II

Attrazione.

7. **Attrazione molecolare.** — Se io spezzo un legno, disunisco le molecole di esso, l'una dall'altra. Per disunirle io ho dovuto fare uno sforzo. Dunque quelle molecole erano unite insieme da una forza. Questa forza è detta *attrazione molecolare*, perchè tiene unite le molecole.

Quando io taglio un pezzo di cacio col coltello, io introduco tra molecola e molecola di quella materia la lama sottilissima. Così disgiungo l'una dall'altra le molecole, distruggo l'attrazione tra loro. — Lo stesso si fa segando, spezzando, limando, pestando, rompendo in qualunque modo un corpo. Se ne allontanano per forza le molecole, acciocchè non ci sia più attrazione molecolare.

8. *Le molecole di tutti i corpi sono unite per l'attrazione molecolare.* Ma questa attrazione è maggiore in certi corpi che in certi altri. Prendiamo, per es., un fuscello di legno e un filo di ferro. Il primo si rompe più facilmente del secondo. E perchè? Perchè l'attrazione molecolare del legno è minore di quella del ferro.

L'attrazione molecolare dei liquidi è assai più debole di quella dei solidi. Difatti ci vuole qualche sforzo per separare le molecole di un solido. Anche per lacerare un pezzo di carta io devo fare un piccolo sforzo. Invece i liquidi si dividono senza sforzo sensibile. Così, se metto un dito nell'acqua, io ne divido le molecole. Ma non faccio punto punto fatica. — Inoltre i solidi conservano sempre la loro forma, perchè le molecole stan sempre al posto loro. Al contrario i liquidi non hanno nessuna forma loro propria, perchè le loro molecole sono mobilissime. Epperciò scorrono facilissimamente le une sulle altre cambiando luogo. Se metti l'acqua in un vaso rotondo, essa prende la forma rotonda. Se la poni in un vaso quadrato, essa pure assume la forma quadrata.

L'attrazione molecolare dei gas è ancora molto più debole di quella dei liquidi. Invero noi ci moviamo in mezzo all'aria, come i pesci nell'acqua, e non ci accorgiamo di essa. Ciò avviene per la grandissima mobilità delle molecole dell'aria. Ma la grande mobilità deriva dalla poca attrazione; dunque l'aria (e così tutti i gas) ha pochissima attrazione molecolare.

9. **Gravità.** — Se io dall'alto lascio andare una pietra, un libro o altro oggetto, esso cade a terra. Nel cadere c'è moto. Or quale è stata la causa di questo moto? Non è stata di certo la mia mano, perchè la mia mano non ha spinto quell'oggetto verso terra. Quell'oggetto non cadde per forza propria, perchè tutti i corpi sono inerti (6). Perciò se l'oggetto era fermo, doveva stare fermo. Quale fu dunque la causa che lo fece muovere? La causa è la forza di *gravità*. Per questa tutti i corpi terrestri o sublunari sono attratti verso il centro della terra. Quindi se ci fosse un buco nella terra fino al centro, l'oggetto mio avrebbe proseguito a cadere fino là, al centro, senza fermarsi mai. — Dunque, per la forza di gravità, la terra trae al suo centro tutti gli oggetti, come la calamita attira il ferro. Questa è la cagione della caduta dei corpi tutti a terra [1].

10. **Velocità dei corpi cadenti.** — Lascio cadere sul mio cappello una palla di piombo da una piccolissima altezza. La palla batte sul cappello e salta via. Ma se la stessa palla cadesse dal campanile, mi bucherebbe il cappello. E perchè? Perchè *i corpi cadendo acquistano sempre maggiore velocità più che è lungo lo spazio percorso.* — Per esempio: una palla cade dall'altezza di 36 metri. Se essa percorse il primo metro con una velocità, avrà dopo il quarto metro una velocità doppia. Dopo il nono metro essa avrà una velocità tre volte più grande, ecc. Ciò si esprime, dicendo: *La velocità dei gravi (corpi cadenti) è proporzionale alla radice quadrata dell'altezza.* Quindi ad un'altezza di 1. 4. 9. 16. 25. 36. 49. 64. 81. 100. ecc. corrisponde . . 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. ecc. di velocità (o tempo). Perciò la palla che cade da metri 36, in fine dei 36 metri (cioè quando batterà a terra) correrà 6 volte più forte di quanto correva alla fine del primo metro. — Ne consegue che *la velocità è pro-*

(1) Le leggi della *gravità* furono scoperte da Galileo (*V. Cenno storico*).

porzionale al tempo, ossia ad un tempo doppio corrisponde doppia velocità, ad uno triplo tripla ecc.

Con altre parole si può dire: Se la palla cadente, in un minuto secondo percorse l'altezza di un metro, alla fine di un altro minuto secondo avrà percorso quattro metri (compreso M. 1 del primo minuto). Dopo il terzo minuto secondo avrà percorso 9 metri (non escludendo i M. 5 già percorsi nei due primi tempi), ecc. Perciò: *gli spazi percorsi sono proporzionali ai quadrati dei tempi impiegati a percorrerli:* a tempo 2, spazio 4; a 3, 9; a 4, 16; a 5, 25, ecc.

Questo moto si dice *moto progressivamente accelerato.*

11. Caduta dei corpi. — Lasciamo cadere insieme dall'alto un turacciolo di sughero e una palla di piombo. Il piombo toccherà terra prima del sughero. Pure la forza di gravità è uguale per tutti i corpi. La terra tanto attrae il piombo quanto il sughero, colla forza stessa. Perchè dunque il piombo cade con maggiore velocità del sughero? Ciò dipende dalla resistenza che l'aria oppone ai corpi cadenti. Il sughero, in egual volume, contiene meno molecole, cioè ha minore massa (6, *d*), cioè è meno pesante del piombo. Perciò l'aria resiste più al sughero leggero e meno al piombo pesante.

Fig. 1.

Se non ci fosse l'aria, il piombo e il sughero toccherebbero terra nel tempo stesso. — Ecco un esperimento. Mettiamo il sughero o una penna e il piombo in un lungo tubo di vetro (fig. 1). Colla macchina pneumatica (36) togliamo l'aria che è nel tubo. Ciò fatto, capovolgiamo in fretta il tubo stesso. Allora vedremo il corpo leggiero e il pesante cadere nello stesso tempo e colla stessa velocità. Dunque è l'aria che si oppone alla caduta dei gravi.

12. Un ombrello è più pesante di una palla di piombo da fucile. Pure se da una finestra lascio cadere l'ombrello aperto e

la palla insieme, questa tocca terra prima di quello. E perchè? Perchè l'aria oppone più resistenza ad un volume maggiore, quando il peso è uguale o poco più. — Perciò un foglio di carta resta sospeso e trasportato nell'aria. Ma se quel foglio appallottolo, esso cade tosto a terra.

13. **Attrazione universale.** — Sappiamo che la terra attrae a sè tutti i corpi sublunari. Ma anche la terra è attratta dal sole. Il sole poi è forse attratto anch'esso da altro sole lontano lontano. In breve tutte le stelle, anzi tutti i corpi in genere attirano e sono attratti. Questa forza si dice *attrazione universale* o *gravitazione* [1].

14. Abbiam veduto che le molecole dei corpi si attraggono tra di loro per la forza detta *attrazione molecolare*. — Tutti i corpi sono attratti dal pianeta, su cui sono, per la forza di *gravità*. — Tutti i pianeti vengono attratti da un centro comune, cioè il sole, per la forza di *gravitazione*. Il sole poi è forse attratto, come ho detto, da altro sole maggiore o centro. E questo da chi è attratto?... Dio solo lo sa.

Fatto è che nell'universo tutti gli astri come tutte le molecole dei corpi si attraggono a vicenda con mirabile armonia, e questa è la cagione delle infinite forme e varietà dei corpi stessi, come della regolarità dei movimenti dei corpi celesti.

CAPO III

Dei liquidi.

15. **Liquidi e loro proprietà.** — L'acqua, il vino, il mercurio, l'olio, ecc., sono *liquidi* (4). — Particolare proprietà dei liquidi è la grande mobilità delle loro molecole, perchè lieve è la forza di attrazione molecolare (8).

16. **Peso dei liquidi.** — I liquidi non sono tutti ugualmente densi. Perciò non sono tutti ugualmente pesanti. Per es., un litro di acqua distillata pesa un chilogramma. Invece un litro di mercurio pesa chi-

[1] Essa fu scoperta dal Newton (*V. Cenno storico*).

logrammi 13, 5, perchè il mercurio è tredici volte e mezzo più denso dell'acqua.

Se si mettono in un vaso parecchi liquidi di diversa densità, il meno denso (più leggero) sta di sopra al più denso (più pesante). — Esempio: Mettiamo in una caraffina olio, mercurio e acqua. Si vede il mercurio calare a fondo. Sopr'esso si pone l'acqua, e sopra l'acqua galleggia l'olio. Ciò avviene, perchè l'acqua è più leggera del mercurio e l'olio è più leggero dell'acqua. — Per questa proprietà l'acqua dolce dei fiumi là dalle foci scorre per lungo tratto sulla superficie dell'acqua salsa del mare senza confondersi con essa. Così la panna, più leggera del latte, vi galleggia sopra.

Ma se la diversità di peso è poca, i liquidi facilmente si mescolano. Difatti il vino è solo un pochetto più leggero dell'acqua. Se io adagio adagio lascio cadere alcune goccioline di vino in un bicchiere d'acqua, il vino per la sua leggerezza vi sta sopra. Ma se agito appena il bicchiere, esso mescolasi coll'acqua.

17. **Peso specifico** [1]. — L'acqua si prende sempre per confronto del peso degli altri liquidi. Il peso di questi in confronto di quello dell'acqua si dice *peso specifico*. Per es., il peso specifico del mercurio è 13 e mezzo. Ciò vuol dire che il mercurio pesa 13 volte e mezzo più di un uguale volume di acqua. Ora si sa che un litro di acqua pesa un chilogramma. Quindi un litro di mercurio peserà chilogrammi 13, 5. Con altre parole si può dire: un recipiente che contiene chilogrammi 1 di acqua, ne conterrà 13, 5 di mercurio, 1,030 di latte, 0,923 di olio di noce, 0,715 di etere solforico ecc. — Ecco una tavola del

PESO SPECIFICO DEI LIQUIDI IN CONFRONTO COLL'ACQUA.

Acqua distillata	1,000	Alcool	0,942
Acqua di mare	1,026	Olio di noce	0,923
Latte	1,030	Olio di oliva	0,915
Acido nitrico	1,217	Etere muriatico	0,874
Acido solforico	1,841	Essenza di trementina	0,870
Mercurio (a zero)	13,598	Olio di nafta	0,847
Vino	0,995	Alcool assoluto	0,792
Olio di lino	0,940	Etere solforico	0,715

Problemi sul peso specifico. — Quanto peseranno litri 4,5 di latte? — R. Se fosse acqua, peserebbero chil. 4, 5. Ma perchè è latte, si ha: 4, 5 $\times$ 1, 030 = chilogrammi 4, 63. Cioè si moltiplica il numero dei litri per il *peso specifico* e si ha il peso vero in chilogrammi 4, 63. — Quanto pesano litri 7 di olio di oliva? — R. Litri 7 $\times$ 0, 915 = chilogrammi 6, 405. — Quale sarà il peso di litri 0, 20 di mercurio? — R. Litri 0, 20 $\times$ 13,598 = chilogrammi 2,7196. Sapendo il peso reale d'un liquido in

(1) Archimede scoperse il peso specifico (*V. Cenno storico*).

Cg., e il suo peso specifico, si può sapere la capacità del vaso che lo contiene o deve contenere. Basta dividere il peso reale pel peso specifico e s'ha in litri la capacità. Per es. siano Cg. 90 di mercurio. Ora, 90 : 13, 598 = Lit. 6, 59, cioè Litri, 6,59 di merc.

18. Vi è il peso specifico anche dei solidi.

Peso una palla di ghisa sopra una bilancia, ed è di gr. 40. Poi prendo un bicchier d'acqua ben pieno e lo poso sopra un piattello o tondo senza versarne goccia. Lego con un filo la palla di ghisa, la immergo tutta nell'acqua del bicchiere, senza che ne tocchi il fondo o le pareti. Allora peso la palla così dentro nell'acqua. La palla peserà molto meno di prima. Essa peserà solo gr. 34 circa, cioè 1/7 meno di quello che pesava fuori dell'acqua. E ciò per la ragione che la ghisa pesa sette volte più di un eguale volume di acqua; ed *un corpo immerso in un liquido, perde tanto del suo peso quanto è il peso del liquido spostato da esso corpo.* Difatti la palla per immergersi nell'acqua, l'ha spostata. L'acqua, il cui posto essa palla occupa, è traboccata sul piattello. Se noi pesassimo quest'acqua, la troveremmo suppergiù di gr. 6. Questi gr. 6 sono il peso perduto dalla palla di ghisa, quando la si immerse nell'acqua. — Dal confronto del peso dei solidi col peso di un egual volume di acqua si fece la tavola del

PESO SPECIFICO DEI SOLIDI.

Platino laminato	22,609	Gesso	2.205
— lavorato a martello	20,337	Porcellana di Sèvres	2,146
Oro lavorato a martello	19,362	Zolfo nativo	2,033
— fuso	19,258	Pietra di Liais	2,078
Piombo fuso	11,352	Sal comune	1,920
Argento fuso	10.474	Avorio	1,917
Bismuto fuso	9,822	Nitro	1,900
Rame passato alla trafila	8.878	Alabastro	1.874
— fuso	8,788	Antracite	1,800
Ottone	8,385	Zucchero	1,610
Acciajo non incrudito	7.816	Gomma arabica	1,452
Ferro in barre	7,788	Carbon fossile compatto	1,329
— fuso	7,207	Succino	1,078
Ghisa	7,053	Resina	1,073
Stagno fuso	7,291	Cera bianca	0,969
Zinco fuso	6.861	Sego, lardo, burro	0,943
Antimonio fuso	6,712	Ghiaccio fondentesi	0,930
Diamanti (i più pesanti)	3,531	Ghiaccio	0.914
— (i più leggeri)	3.501	Faggio	0,852
Flint—glas	3,329	Frassino	0,845
Marmo statuario	2.837	Tasso	0,807
Creta	2.739	Olmo	0,800
Granito	2,673	Pomo	0,733
Cristallo di rocca puro	2,653	Abete giallo	0,657
Marmo	2,638	Pioppo bianco di Spagna	0,529
Vetro di Saint-Gobain	2,488	— comune	0,389
Porcellana della China	2,385	Sughero	0,240

Problemi: Un metro cubo di marmo quanto pesa? — R. Si deve sapere che un decimetro cubo di acqua pesa un chilogramma; un metro cubo di acqua pesa mille chilogrammi. Ma il marmo ha un peso più di due volte maggiore del peso dell'acqua. Perciò si moltiplica 1000 per il peso specifico del marmo che è 2,837. Donde si ha Cg. 2837. — Quale è il peso di un legno di pioppo di Mc. 2,676? — R. Mc. 2,676 = dmc. 2676; dmc. 2676 × 0,389 = Cg. . . . .

Volume di un corpo relativamente al peso. — Dal peso dell'acqua spostata da un corpo immerso si può sapere il volume di questo corpo. Per es. in un vaso pieno di acqua immergo un sasso di figura irregolare. Peso l'acqua traboccata per l'immersione di quel sasso. Suppongasi che pesi 840 grammi. Ora io so che un grammo è il peso di un centimetro cubo di acqua. Dunque Gr. 840 saranno eguali a cmc. 840. Ma il volume dell'acqua spostata è sempre eguale al volume del corpo immerso; dunque il volume di quel sasso è di cmc. 840.

Si può anche sapere il volume di un corpo, quando si sa il suo peso reale e il peso specifico. Per ciò fare, si divide il peso reale in Cg. pel peso specifico e si ha in decimetri cubi il volume del corpo. Esempio: Peso una massa di ferro che è Cg. 2340. Quale n'è il volume? Per saperlo divido il peso reale (Cg. 2340) pel peso specifico (7,788) del ferro. Ora 2340 : 7,778 = 300 dmc. che è il volume di questa massa di ferro.

Problemi: Qual volume ha un masso di marmo, il cui peso è di Cg. 46226? — R. 46226 : 2,837 = dmc..... — Quale sarà il volume di una trave di pioppo pesante Q. 1,5? — R....

19. **Pressioni sopportate da un corpo immerso in un liquido.** — Perchè un corpo immerso in un liquido diminuisce di peso? Perchè il liquido oppone resistenza al gravitar del corpo. Abbiam veduto che l'aria oppone resistenza ai corpi cadenti. Tanto più oppongono resistenza i liquidi, che sono molto più densi dell'aria. Vedi figura 2. È un vaso pieno di acqua. In essa è immerso un cubo A di ferro. Il posto occupato dal cubo era prima occupato dall'acqua. Il cubo per entrare ha dovuto cacciar via, schiacciare, per così dire, l'acqua. Ma questa lo preme da tutte le parti, di su D e di sotto B e dai lati. Queste pressioni sono come tante forze che si oppongono al cader del cubo e con una spinta dal basso all'alto cercano di sostenerlo.

Fig. 2.

Ora se si sostiene un corpo posto sul piattello della

bilancia, peserà meno. Quindi il corpo immerso nel liquido peserà meno. Da ciò deriva questo principio: *Ogni corpo immerso in un liquido tende ad essere sollevato da una pressione eguale al volume del liquido che esso discaccia.* Donde queste conseguenze: 1.° quando il corpo è più pesante di un eguale volume di liquido, il corpo calerà a fondo; — 2.° quando il corpo è dello stesso peso di un uguale volume di liquido, esso resterà sospeso nel liquido stesso; — 3.° quando il corpo è meno pesante di un eguale volume di liquido, esso galleggerà. — Dunque una palla di piombo, un sasso, ecc., andranno a fondo nell'acqua, perchè sono più pesanti di un eguale volume di acqua. Invece essi galleggeranno sul mercurio, perchè un uguale volume di questo è più pesante del piombo e del sasso.

20. QUESTIONE: Perchè un bicchiere vuoto galleggia sull'acqua, sebbene il vetro sia due volte più pesante di questa? — R. È vero che il vetro è due volte più pesante dell'acqua. Quindi una palla di vetro piena cadrebbe a fondo. Ma il bicchiere, per la sua forma, ha un volume esterno assai grande. E un volume uguale di acqua è molto più pesante di esso bicchiere. Difatti riempi il bicchiere di acqua, ed esso cadrà subito al fondo. — Perciò le barche stanno a galla dell'acqua, sebbene sieno coperte di ferro, di rame, ecc. —

Così i pesci sono forniti nell'addome, di sotto della spina dorsale, di una vescica detta *natatoria.* Quando vogliono dal fondo dell'acqua salire alla superficie, la gonfiano. Con ciò acquistano un volume maggiore e salgono. Invece se restringono la vescichetta, discendono, essendo diminuito il loro volume. — Quindi le persone pingui nuotano più facilmente delle altre. — Per imparare il nuoto si fa uso delle vesciche gonfie o di un bariletto o simile.

Tutti conoscono quel giuoco per cui si fa discendere e salire un diavoletto in una bottiglia d'acqua, e che si dice *ludione o diavolo di Cartesio* (1). Per farlo abbisogna una figurina di vetro, vuota dentro, con solo un piccolo foro nella parte inferiore. Si riempie d'acqua una bottiglia fino alla bocca. Vi si pone la figurina, sì che la parte dove è il foro, sia di sotto. Poi si chiude ermeticamente la bottiglia, legandovi intorno al collo una pergamena addoppiata. Il diavoletto per la sua leggerezza rimarrà sempre nella parte superiore della bottiglia. Ma se col pollice premi sulla pergamena e così premi sull'acqua, il diavoletto discenderà. Cessa di premere, ed esso ritornerà in cima; il fatto avviene per questa ragione. Il diavoletto è pieno d'aria, perciò è leggiero, perciò tende a gal-

(1) Renato Cartesio, filosofo e matematico, nacque a Haya nella Turena nel 1596, e morì nel 1630.

leggiare. Premendo sull'acqua, questa, essendo poco o nulla compressibile, entra pel foro nell'interno della figurina, comprimendovi l'aria. Ma l'acqua entrata fa crescere di peso la figurina, la quale perciò discende a fondo. Se più non premi sulla superficie dell'acqua, la forza di dilatabilità dell'aria nella figurina ne caccerà fuori di nuovo l'acqua. Perciò il diavoletto ridiventerà leggero e risalirà a galla.

21. **Areometri.** — Quanto più un liquido è denso, tanto più spinge il corpo immerso alla sua superficie. Un pezzo di legno s'immergerà, per es., per tre quarti della sua grossezza nell'olio; s'immergerà esso solo per metà nell'acqua; non s'immergerà punto nel mercurio. — Dietro questi fatti si fecero degli strumenti per misurare la densità dei liquidi. Cotali strumenti son detti *areometri*.

Fig. 3.

L'*areometro* è un galleggiante, come si vede nella fig. 3. Esso è formato di un cannello o tubicino di vetro A B. Sotto il cannello son due bolle, l'una dopo l'altra. La prima, un po' grossetta, è vuota. L'altra contiene un poco di mercurio o piombo, che serve di zavorra. Il cannello è graduato e segna i gradi di densità. — Se si immerge l'areometro nell'acqua pura, esso pesca fino al grado 0. Se invece si immerge l'areometro nell'acqua salata o zuccherata, esso pesca meno. Co' suoi gradi segna la densità o concentrazione dell'acqua, ossia quanto sale o zucchero o altro essa contiene.

Gli areometri si dicono *pesa-sali, pesa-acidi, pesa-liquori, pesalatte* ecc. secondochè si adoprano per conoscere le concentrazioni saline, degli acidi, degli alcool, del latte, ecc.

22. **Superficie dei liquidi.** — Metti acqua in un bicchiere. Osserva la direzione della superficie di essa. Inclina ora a destra ora a sinistra il bicchiere, e vedrai l'acqua mantenere sempre mai la medesima direzione alla superficie. Questa direzione è detta *orizzontale*. Come l'acqua, così tutti i liquidi in quiete conservano sempre la loro superficie *orizzontale*.

Uno stesso liquido anche posto in due o più vasi, comunicanti tra loro, conserva mai sempre la stessa di-

rezione orizzontale, come nella fig. 4. Il liquido nei quattro vasi comunicanti A B C D, di forma diversa, conservasi in un medesimo piano orizzontale.

Fig. 4.

23. **Livello ad acqua.** — Sulla costante direzione di un liquido, in due vasi comunicanti, si fonda il *livello ad acqua* (fig. 5).

Esso è formato di un tubo di metallo, il quale è piegato a gomito alle sue estremità. A queste sono

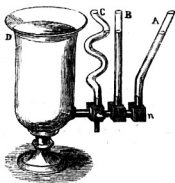
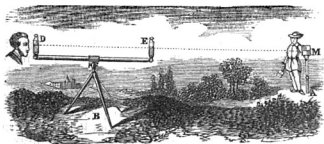



Fig. 5.

uniti due tubi di vetro D ed E, come due bicchieri che comunicano col tubo stesso. — Questo istrumento serve alla livellazione dei terreni, cioè a conoscere quanto un punto del suolo è più elevato di un altro. — Per esempio, io voglio sapere di quanto il luogo B del suolo sia più alto o basso del punto A. Al punto A mando un uomo con una *biffa* M, che si può allungare e accorciare secondo il bisogno. Io pongo il mio livello in B. Esso è disposto orizzontalmente sopra tre gambe, ed è pieno di acqua fino ai tubi di vetro. Allora pongo l'occhio in linea retta colla superficie dell'acqua nei tubi D ed E, e guardo verso il punto A. Faccio alzare

o abbassare la biffa, finchè il suo punto centrale sia in linea retta colla superficie dell'acqua del livello. Ciò fatto, io vado a misurare l'altezza della biffa AM da terra. Supponiamo che sia di M. 6. Dopo misuro l'altezza del livello dal suolo. Esso è, per esempio, di M. 1,25. Allora sottraggo quest'altezza dall'altezza della biffa ed avrò M. 4,75. Questa è l'altezza del punto B sopra il punto A. Perciò per livellare quel suolo o abbasserò di M. 4,75 il punto B, ovvero alzerò di M. 4,75 il punto A. Così facendo il suolo da B ad A sarà piano, cioè orizzontale. Il livello è usato dagli ingegneri e dagli agrimensori per livellare il terreno.

Si ha pure il *livello a bolla d'aria*. Esso è formato di un piccolo tubo di cristallo, lungo un palmo, chiuso alle due estremità e leggermente curvo nel mezzo. Posa sopra una piastretta di ottone. È pieno d'acqua o spirito di vino con una bolla d'aria lasciatavi apposta. Questa si troverà sempre nel giusto mezzo, quando lo strumento posa sopra un piano perfetto. Al contrario scorrerà di qua o di là, quando il piano è alquanto inclinato. Si usa per conoscere il livello di una tavola, di un armadio, di uno stipo, ecc. Per allivellare un terreno vi si unisce un cannocchialino per prendere di mira la biffa.

24. **Fontane.** — Supponiamo di avere un tubo di vetro ricurvo come un U. Se verso acqua in un braccio di questo tubo, essa salirà nell'altro alla stessa altezza. Se poi seguito a versarvi acqua, essa uscirà dall'apertura dell'altro braccio. Ciò avviene perchè la colonna d'acqua del primo braccio preme con tutto il suo peso sull'acqua dell'altro braccio. Perciò la fa salire fino al suo livello, ossia alla sua stessa altezza.

Or supponiamo che il secondo braccio del tubo ricurvo sia tronco. Si seguiti a versare dell'acqua nel primo braccio. Essa spiccerà fuori dal braccio tronco, quasi cerchi di salire alla stessa altezza del primo braccio. Anzi vi salirebbe davvero, se non vi fosse la resistenza dell'aria, lo sfregamento dell'acqua contro le pareti del tubo, l'urto delle goccioline ricadenti sul getto stesso, che ne ammorzano di molto la foga.

Poniamo ora un secchio pieno d'acqua sopra una tavola. Al fondo del secchio vi sia un piccolo foro. A questo si attacchi un cannello di latta o altro che scenda fino a terra. Qui il cannello si ripieghi un poco all'insù e non abbia che un piccolo forellino. Allora si vedrà l'acqua zampillare da questo forellino e salire fino quasi all'altezza della tavola ove è il secchio.

Questà è la più semplice fontana artificiale.

Simili getti si vedono in alcune botteghe e principalmente in quelle dei cocomerai in Milano.

Si vedono anche grandi fontane costrutte in questo modo. Basta prendere l'acqua da luogo alto, donde discenda per piccolo condotto. — In alcune città, come Roma, Brescia, ecc., è facile la costruzione di tali fontane a cagione della vicinanza dei colli. L'acqua dalla cima di questi, per tubi sotterranei, si conduce fino alla sottoposta città, al luogo designato, ove essa zampilla in bellissimi getti. — Sulla piazza di S. Pietro in Roma si ha le due magnifiche fontane del Bernini (1), il cui getto si innalza 6 metri circa.

25. **Pozzi artesiani o trivellati.** — Anche i pozzi *artesiani* o *trivellati* sono fontane simili alle dette. — Si trivella il terreno a grande profondità, e dal foro si vede l'acqua zampillare. Ecco come ciò avviene.

La corteccia del nostro globo è fatta a strati di terre sovrapposti gli uni agli altri. Di questi strati alcuni sono permeabili, cioè lasciano passare l'acqua. Altri invece sono impermeabili, cioè non lasciano passare l'acqua; tali sono le argille. — Or supponiamo che vi sia acqua in qualche altura. Può essere quella d'un lago, di un fiume, come ce n'ha parecchi, che scompare sotterra, di nevi scioglientisi e anche acqua piovana. Quest'acqua penetra sotterra per lo strato permeabile MM (fig. 6). Qui l'acqua si ferma, perchè è

Fig. 6.

chiusa in mezzo da due strati impermeabili A e B. Vi si forma perciò un bacino, ossia deposito di acqua. Se si trivella il terreno alla superficie, si giungerà fino a questo deposito. L'acqua di esso salirà pel foro e zam-

(1) Giov. Lorenzo Bernini, pittore e architetto nacque in Napoli nel 1598 e morì nel 1680.

pillerà per risalire quasi all'altezza donde è penetrata nella terra.

Cotali pozzi si dicono *modonesi*, perchè in Italia si scavarono i primi nella provincia di Modena. Son detti poi *artesiani*, perchè i Francesi scavarono i loro primi nella antica provincia di Artois (1). Nella China e nell'Egitto erano conosciuti da tempi antichissimi. Nella provincia di Ou-Tong-Kiao in China ce n'ha profondi M. 1093, che per acqua gettano gas infiammabile.

L'acqua dei pozzi artesiani è per lo più calda. La cagione si è che il deposito di essa è più vicino al fuoco centrale della terra. Per esempio, a Grenelle, presso Parigi, vi è un pozzo trivellato (artesiano) che è profondo 548 metri. Per ogni minuto dà litri 4500 d'acqua, la quale ha sempre 27 gradi di calore. Il suo zampillo è alto M. 36 dal suolo. Il lavoro di scavazione durò dal 28 novembre 1833 al 26 febbrajo del 1841, e costò L. 350,000. — A Passy si è scavato un altro pozzo nel 1850, profondo M. 587 50, che dà 8 mila metri cubi di acqua in 24 ore, di 28 gradi.

26. **Capillarità.** — Immergo un poco un corpo solido (per es., un vetro) in un liquido che lo bagni. Allora osservo il liquido alzarsi intorno al corpo stesso (fig. 7). — Lo stesso corpo solido immergo in un liquido che non lo bagni. Per es., pongo un bastoncino di vetro nel mercurio. Allora si vede il liquido abbassarsi intorno al corpo immerso (fig. 8). — Invece di un bastoncino di vetro prendo un piccolissimo tubo di vetro. Se lo immergo nell'acqua, vedo il liquido salire

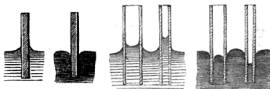



Fig. 7. Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

alto nell'interno del tubo (fig. 9). — Se al contrario immergo il tubicino nel mercurio, il liquido si abbassa nell'interno del tubo stesso (fig. 10).

Questi fenomeni si dicono *capillari*, perchè succedono principalmente nei tubi di diametro piccolo come quel d'un capello. Cagione della *capillarità* (fenomeni

(1) Il primo in Europa fu scavato a Lillers nell'Artois nel 1126. In Italia li introdusse Gian Domenico Cassini, il quale venne chiamato in Francia da Luigi XIV per insegnare il modo di scavare cotali pozzi. — Il Cassini nacque in Perinaldo l'8 giugno del 1615, fu astronomo, professò a Bologna e morì in Parigi nel 1712.

capillari) è la reciproca attrazione o non attrazione fra le molecole dei liquidi e quelle dei solidi.

Per la *capillarità* un pezzo di zuccaro s'imbeve di acqua appena la tocchi. — L'olio della lucerna sale pel lucignolo. — L'acqua penetra nel legno, nella terra, nelle spugne e in tutti i corpi molto porosi. — Il sangue circola pel nostro corpo entro vene piccolissime. — La linfa sale e circola entro le piante. — Alcuni insetti stanno sull'acqua, perchè le loro zampe non ne sono bagnate. Così un ago sottile da cucire può stare sulla superficie dell'acqua, se lo si unge un poco. La depressione prodotta nel liquido per la non attrazione molecolare sostiene l'insetto o l'ago, a malgrado del peso loro.

CAPO IV

Dei gas.

27. **Gas e proprietà dei gas.** — Diconsi *gas* o *fluidi aeriformi* certi corpi che hanno l'aspetto o meglio lo stato dell'aria [1]. Si distinguono dai solidi e dai liquidi per la *mobilità* e *l'espansibilità* delle molecole loro.

Della *mobilità* delle molecole dei gas si è già parlato (6).

Si dice *espansibilità* o *dilatabilità* la proprietà dei gas di prendere un volume sempre maggiore. Ciò si prova col seguente esperimento. Si mette sotto la campana d'una macchina pneumatica (36) una vescica flaccida, ma coll'orifizio ben chiuso. Colla macchina si fa il vuoto nella campana. Allora si vede la vescica gonfiarsi a poco a poco da sè (fig. 11). Eccone la ragione vera:

Nella vescica c'era un poco d'aria. Togliendo l'aria dalla campana, cessa la pressione esterna su essa vescica. Perciò la poca aria, che è in questa, si dilata (si *espande*), cioè prende un volume maggiore. Così la vescica si gonfia per la *espansibilità* dell'aria.

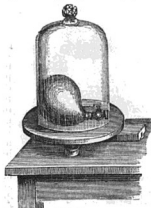



Fig. 11.

(1) L'aria stessa è un miscuglio di gas (Vedi il trattatello di *Chimica* che fa seguito a questo, cap. III, 14).

28. **Peso dei gas.** — I gas sono pesanti. Pesate un globo di vetro pieno d'aria. E poi colla macchina pneumatica (36) levatene l'aria. Se ora lo pesate, esso peserà meno di prima. Dunque l'aria pesa. Un litro d'aria pesa Gr. 1,29 (1). Come l'aria, così tutti i gas sono pesanti. Riempiendo il globo di vetro di diversi gas, si è trovato il loro peso specifico in confronto di un volume uguale di aria. Così, per es., s'è trovato che il *gas idrogeno* è quattordici volte e mezzo meno pesante dell'aria. Però un litro di gas idrogeno pesa solo Gr. 0,098. Invece il *gas acido carbonico* ne è più pesante, pesando un litro di esso Gr. 1,98. Un litro di *gas jodidrico* pesa G. 5,77, e questo è il più denso di tutti i gas.

29. **Atmosfera.** — Il nostro globo è circondato tutt'intorno dall'aria per l'altezza di circa metri 46,164. Quest'aria che circonda la terra si dice *atmosfera.* Perciò noi siamo, viviamo e ci moviamo nell'atmosfera come i pesci nell'acqua.

La parte inferiore dell'atmosfera è molto più densa, perchè sopporta il peso della soprastante. Questa invece diventa sempre più rarefatta. All'altezza di 6000 M. la densità dell'aria è metà meno che al livello del mare.

30. **Peso dell'aria.** — Si è detto che i gas pesano (28). L'aria è un miscuglio di gas (29); dunque l'aria pesa. Coll'esperimento suddetto del globo (28) si è trovato che un litro di aria pesa più di un gramma.

Fig. 12.

Altri esperimenti provano meglio il peso dell'aria. Cominciamo dal *crepa-vescica* (fig. 12). — Il *crepa-vescica* è un ampio tubo di vetro, il quale è chiuso ermeticamente nella parte superiore da una membrana di vescica. L'altra apertura si applica esattamente sul piatto della macchina pneumatica (36) ungendone ben bene di sego l'estremità. Poi si incomincia ad estrarre l'aria. Mano a mano che si fa il vuoto, la membrana si curva in dentro. Alla fine scoppia con forte detonazione. E perchè? Perchè l'aria esterna preme col suo peso sulla membrana. Non essendo più controbilanciata dall'aria nel tubo, rompe la membrana, entra con violenza nel tubo e produce lo scoppio.

(1) Ciò fu trovato da Galileo.

Un altro esperimento, per provare il peso dell'aria, è quello degli *emisferi di Magdeburgo* [1] (fig. 13). Sono essi due emisferi cavi di ottone o ghisa di 10 centimetri di diametro circa. Essi chiudonsi ermeticamente, come scatola, spalmandone i labbri di sego. Uno degli emisferi ha un anello, l'altro un *robinetto* [2] o mastio. Dalla parte del mastio si fissano a vite al piatto di una macchina pneumatica (36). S'apre il mastio e si fa il vuoto negli emisferi. Quando l'aria è sottratta bastantemente, si chiude col mastio. Così l'aria non entra più negli emisferi. Allora questi si svitano e si staccano dalla macchina. Ora se due robusti uomini si sforzassero per separare le due parti, essi non potrebbero (fig. 14). Ciò avviene perchè l'aria col suo peso preme fortemente sulla superficie esterna degli emisferi.

Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 15.

Nelle miniere di carbon fossile si svolge naturalmente molto gas idrogeno [3]. Questo gas molte volte si accende. Per tale accensione si produce quasi il vuoto nell'interno della miniera. Perciò, cessato il fuoco, l'aria esterna entra con grande violenza e detonazione nella miniera stessa. Se qualche persona si trova all'apertura di questa, è dall'aria repentinamente strascinata dentro, gettata e schiacciata contro le pareti della miniera. Il fatto è simile a quello del *crepa-vescica*. — I liquori non isgorgano dalla cannella di una botte piena se non si leva il cocchiume. Mancando l'aria superiormente al liquido, l'aria preme all'orifizio della cannella e

(1) Essi furono inventati da Ottone di Guericke, borgomastro di Magdeburgo, nel 1650.
(2) Robinetto *(robinet)* è parola francese, non punto necessaria, che significa *chiave*. È poi una chiave di particolar costruzione che serve ad aprire e chiudere le comunicazioni in un tubo. I trombai toscani diconla *mastio*.
(3) Vedi *Chimica*, 55.

impedisce lo sgorgo. — Per la stessa ragione una bottiglia di apertura stretta non lascia uscire l'acqua, se è capovolta in fretta. — Un bicchiere immerso capovolto nell'acqua, non ha il fondo bagnato. L'aria non permette che il liquido salga e ricopra tutto il vaso. Però i palombari discendono entro le loro campane di vetro nel mare. Essi hanno le spalle e la testa fuori dell'acqua, per l'aria raccolta nella parte superiore della campana, e respirano e vedono. — Prendi un bicchiere colmo d'acqua. Coprilo con un foglio di carta. Tenendovi la mano capovolgilo. Ritira la mano. Nè si staccherà il foglio nè sgorgherà l'acqua. La pressione atmosferica vi terrà come incollato il foglio di carta.

31. **Peso dell'aria in chilogrammi.** — Prendiamo un tubo con uno stantuffo (fig. 15). Io lo immergo per un capo in una catinella A di acqua, e poi tiro su lo stantuffo B per mezzo dell'asta C. È chiaro che allora tra l'acqua e lo stantuffo B resta uno spazio vuoto di aria. Ma questo vuoto viene subito riempiuto di acqua. Questa difatti si innalza nel tubo mano a mano che lo stantuffo sale. — Gli antichi erroneamente dicevano: *l'acqua sale nel tubo perchè la natura ha orrore del vuoto.*

Ma un famoso fisico, Torricelli [1], prese un tubo lungo 15 M., e osservò che l'acqua saliva fino all'altezza di M. 10, 33. Oltre non saliva più. — Fece lo stesso esperimento col mercurio che è 13 volte e mezzo più pesante dell'acqua (17). Trovò che il mercurio saliva nel tubo solo M. 0,76. Ora M. 0,76 è appunto la tredicesima parte e mezzo di M. 10,33. — Da questi due esperimenti Torricelli dedusse: 1.° *è il peso dell'aria atmosferica esterna che fa salire l'acqua nel vuoto di un tubo;* perciò, nell'esperimento della fig. 15, l'aria premendo col suo peso sopra l'acqua della catinella, la fa salire nel tubo vuoto; 2.° *una colonna d'aria può equilibrare una simile colonna di mercurio alta M.* 0,76, *ovvero una simile di acqua alta M.* 10,33. — Quindi supponiamo che la colonna d'acqua abbia di base un decimetro quadrato. Saranno perciò decimetri cubi 103,300 sopraposti. Ora se un decimetro cubo di acqua pesa un chilogramma, decimetri cubi 103,300 peseranno chilogrammi 103 e ettogrammi 3. Dunque il peso d'una colonna d'aria di un decimetro quadrato di base è di chilogrammi 103,3. E sopra una

(1) Evangelista Torricelli, romano, allievo di Galileo Galilei, nacque in Firenze alli 15 ottobre 1608, e morì in Firenze alli 24 novembre 1647 (*V. Cenno storico*).

superficie di un centimetro quadrato pesa una colonna d'aria di un chilogrammo.

32. Noi siamo circondati dall'aria da tutte le parti, siccome fu detto (29). Sul nostro corpo pesa una colonna d'aria che ha per base la superficie del corpo stesso. La superficie del corpo umano è di un metro quadrato e mezzo circa, cioè decimetri quadrati 150. Perciò se sopra un decimetro quadrato di base gravita una colonna d'aria del peso di 103 chilogrammi (31), sopra decimetri quadrati 150 di base graviteranno (150 × 103) chilogrammi 15450 e più di aria. Dunque il corpo umano è sotto la pressione di almeno 15000 chilogrammi! — E perchè non siamo schiacciati sotto sì enorme peso? — R. Perchè siamo circondati dall'aria da tutte le parti, dentro e fuori del corpo. Le forze eguali e contrarie si elidono, cioè sono nulle. Così un tino pieno di acqua ci schiaccerebbe sotto il suo peso. Invece un pesciolino in fondo al lago non è schiacciato, sebbene porti sopra di sè la pressione equivalente a migliaja di tini d'acqua, cioè tutta la massa acquea del lago. Ma da quest'acqua il pesciolino è circondato da tutte le parti, e le pressioni uguali di sopra, di sotto e da' lati si fanno equilibrio. Poi i fluidi elastici del corpo animale oppongono resistenza al peso dell'aria o dell'acqua da cui s'è circondati.

La superficie terrestre è di Mmq. 5,094,321 cioè di decim. quadr. 50,943,210,000,000,000! Perciò moltiplicando questi decimetri per chilogr. 103, si ha il peso dell'aria sulla terra, ossia il peso di tutta l'atmosfera, che è di chilog. 5,247,150,630,000,000,000! Questo peso è quello di 580,000 dadi di rame di un Cm. di spigolo.

33. **Barometro** [1]. — L'esperimento di Torricelli diè luogo all'invenzione del *barometro*. —Si prenda un lungo tubo di vetro,

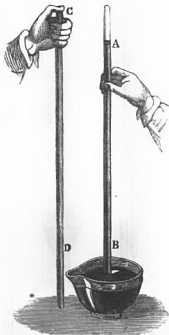



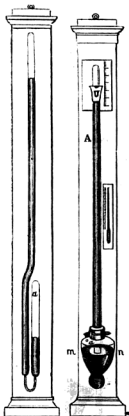
Fig. 16.

(1) Fu inventato dallo stesso Torricelli, nel 1643. — *Barometro* è parola greca che significa: *misura del peso.*

chiuso ad una estremità (fig 16). Lo si riempia di mercurio e se ne turi l'apertura col pollice. Poi si capovolga il tubo e lo si immerga per l'estremità chiusa col pollice in una vaschetta di mercurio. Si ritiri il pollice, e il mercurio allora discenderà nel tubo fino a formare una colonna di M. 0,76. Qui si ferma. È chiaro che tra il mercurio e l'estremità chiusa del tubo non resta aria.

Fig. 17.

Ma se io facessi lo stesso esperimento sopra un'alta montagna, la colonna di mercurio nel tubo sarebbe meno alta. Ciò succede perchè la pressione dell'atmosfera sopra una montagna è minore che giù nelle vallate. Lassù l'aria è meno densa (più fina) e meno alta; perciò pesa meno. — Questo non basta. Nello stesso luogo la colonna del mercurio ora si innalza ed ora si abbassa, più o meno. Ciò dipende dal caldo, dal freddo, dai venti, ecc. — Perciò si è inventato il *barometro* per conoscere le variazioni dell'atmosfera.

Il barometro è, per lo più, composto di un tubo A che pesca in una vaschetta *mn*. Esso tubo è pieno di mercurio, ed è fatto come si è detto di sopra. È poi fermato su di un'assicella, dove sono notati i gradi e le variazioni atmosferiche (fig. 17). — Talora ha la forma di sifone, come vedesi a sinistra della stessa figura. Il braccio più corto *a* è aperto e tiene luogo della vaschetta.

Il barometro serve principalmente per misurare le altezze

delle montagne e le profondità delle miniere, ecc., sopra o sotto il livello del mare. Difatti se si ascende, la colonna barometrica discende. Se invece si discende, essa sale.

Ogni dieci metri di ascesa e discesa, il barometro s'abbassa o s'innalza di un millimetro.

Per es., sulla cima di un monte il mercurio nel barometro discende di 19 millimetri; io perciò dico che quel monte è alto M. 190, cioè 10 volte 19. Quindi il barometro è uno strumento prezioso (1).

Il barometro non può servire per le variazioni segnate a fianco sulla lastrina dove c'è *pioggia*, *bello*, *secco* ecc. che pel luogo dove fu fatto, a cagione delle diverse altezze dei diversi luoghi (Milano, per es. alla soglia del Duomo è all'altezza di M. 121,55 dal mare, alla soglia di P. Romana è di M. 114,28). Meglio a prevedere le mutazioni atmosferiche fanno i *barometri naturali*. Pioggia vicina annunzia la rondinella quando vola terra terra mandando dei gemiti; l'oca che si mostra inquieta, sbatte le ali gracidando, si getta nell'acqua, va e viene, vola, par matta; il cavallo, il cane, il gatto, ecc. che sono impazienti e mandano da'loro corpi odore particolare; nubi gialle che appajono all'occidente; il sole e la luna che son circondati da un cerchio, ecc. Segno di bel tempo è la rondinella che vola alto e volteggia per lo cielo, a gara colle sue compagne; ma se essa sale sublime fra le nubi e collassù librata sull'ali percorre lenta e maestosa gli spazi, è annunzio di tempesta.

34. **Sifone** (2). — Prendi un cannello. Immergine un'estremità in un bicchiere d'acqua e dall'altra estremità aspira colla bocca. Aspirando estrai l'aria dal cannello. Perciò in esso si fa il vuoto e l'acqua sale in bocca. Ciò avviene per la pressione dell'aria esterna sul liquido, come s'è detto (31). — Ora prendi un tubo ricurvo come un U, con un braccio corto e uno più lungo. Poni il braccio corto nel liquido (fig. 18), poi aspira colla bocca dal braccio lungo. Così tu fai il vuoto nel tubo, e il liquido salirà da C fino

Fig. 18.

(1) Questa proporzione non è costante così come si dice, ma vuole essere per le grandi ascensioni corretta da calcoli matematici che di esperienza sono frutto.

(2) S'attribuisce a Jourdan di Stuttgard, 1683.

in M pel vuoto. Da M verso B discenderà pel suo peso. Difatti vedrai sgorgare il liquido, finchè il vaso sia vuoto.

Questo tubo ricurvo è detto *sifone* o *tromba da vino*. Esso serve a travasare i liquidi da un vaso in un altro. Ma è necessario che il vaso da vuotarsi sia posto più in alto dell'altro.

Col sifone si può vuotare una peschiera. — Si può far passare l'acqua sopra un muro, purchè questo non sia alto più di dieci metri.

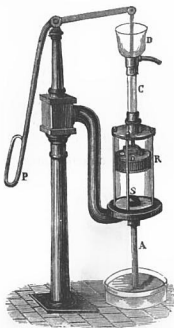



Fig. 19.

35. **Tromba aspirante.** — Date un'occhiata alla fig. 19 che rappresenta una *tromba aspirante* per attingere acqua. Essa è composta di un tubo R, il quale ha, nella parte inferiore, un altro piccolo tubo A che pesca in un serbatojo di acqua. Il piccolo tubo è chiuso da una valvoletta S che si apre solo dalla parte interna del tubo grande R. In questo tubo scorre lo stantuffo O. Questo stantuffo ha un foro a traverso; il quale è chiuso da una valvola uguale all'altra S. Allo stantuffo poi è attaccata un'asta che comunica col manubrio P. Menando questo manubrio, lo stantuffo sale e discende nel tubo R. — Supponiamo che lo stantuffo sia disceso fino in fondo del tubo e la valvola S sia chiusa. Io meno poi il manubrio P e faccio salire lo stantuffo. Allora nel tubo si fa il vuoto. La valvola S si apre. L'acqua del serbatojo sale pel tubo A e riempie il tubo R. — Adesso muovo il manubrio P in senso contrario e faccio così

discendere lo stantuffo. Questo preme sull'acqua del tubo, la quale fa chiudere la valvola S e fa aprire la valvoletta dello stantuffo. Perciò l'acqua fugge per questo foro e va a porsi sopra lo stantuffo stesso. Se io innalzo di nuovo lo stantuffo, la valvoletta di esso si chiude. L'acqua è fatta salire nel tubo C fino al serbatoio D, donde esce per un canaletto. — Intanto il tubo R è di nuovo riempiuto di acqua. Abbassando di nuovo lo stantuffo, l'acqua salirà sopr'esso. Innalzandolo, essa verrà sollevata nel serbatojo D, donde sgorgherà. — Così col far salire e discendere lo stantuffo nel *corpo di tromba* (tubo R), si fa ascendere l'acqua nelle trombe aspiranti, le quali assai bene servono nelle case invece dei pozzi [1].

Simili sono le trombe usate per ispegnere gli incendi. In queste trombe lo stantuffo aspira l'acqua. Poi la spinge, abbassandosi, per un tubo. Così l'acqua viene spinta a grand'altezza con forte getto. Perciò queste trombe si dicono *aspiranti e prementi*. Trombe aspiranti e prementi son quelle con che nelle case signorili si fa ascendere l'acqua nei piani superiori.

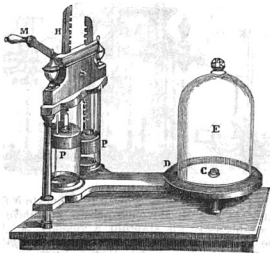



Fig. 20.

(1) La tromba ad acqua fu inventata dal milanese Bonaventura Cavalieri nel 1630.

36. **Macchina pneumatica** [2]. — La *macchina pneumatica* (fig. 20) serve ad estrarre l'aria da un recipiente. Essa è composta di due trombe aspiranti PP e d'un recipiente E, detto la *campana.* Il manubrio M serve a mettere in moto i due stantuffi delle trombe. — La fig. 21 rappresenta lo spaccato, ossia l'interno della macchina. P e Q sono i due stantuffi che scorrono in due tubi (corpi di tromba). Ogni stantuffo ha una valvoletta nel mezzo che si apre di dentro in fuori. Ogni tubo ha pure una valvoletta *o* e *s*. Queste valvolette si aprono di fuori in dentro. Sono di forma conica, e ciascuna è fissata ad un fustino di ferro che scorre esattamente e dolcemente nello stantuffo. — Le due trombe sono fisse alle loro basi, sopra un sostegno di ottone, il quale per un canaletto comunica col disco K. Questo disco è il *piatto*, su cui posa la campana (fig. 20, E). — Ogni stantuffo ha un'asta dentata, che

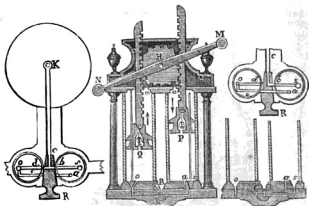



Fig. 21.

imbocca nei denti di un rocchetto H. A questo è fissato un manubrio N e M. Movendo questo manubrio, si fa salire e abbassare gli stantuffi a vicenda. — Allora succede lo stesso che nella tromba aspirante (35). Ma, invece di acqua, è aria che si estrae dalla campana E (fig. 20). Difatti facendosi il vuoto nei tubi PP, l'aria

(2) La inventò Guericke di Magdeburgo (V. 30, *nota*).

della campana entra, pel canaletto c, nei tubi vuoti. Poi esce per le valvole degli stantuffi. In questo modo l'aria della campana vien estratta. Ma l'aria non vien mica estratta del tutto. Una piccolissima quantità vi resta sempre. Gli è però come se vi fosse il vuoto, perchè essa è molto rarefatta.

37. **Sperienze e usi della macchina pneumatica.** — Con questa macchina si fa l'esperimento per provare che i gravi nel vuoto cadono con eguale velocità (11). — Si fa l'esperimento della vescica floscia per addimostrare la dilatabilità dell'aria (27). — Si fa l'esperienza del *crepavesciche,* con cui si fa vedere che l'aria è pesante (30). — Per la stessa dimostrazione, si fa anche lo esperimento degli emisferi di Magdeburgo (30). — Per dimostrare la porosità de'corpi (6, *d*), può farsi il seguente esperimento, detto della *pioggia di mercurio* (fig. 22). Si prende un lungo tubo A di vetro e se ne chiude esattamente un'estremità con un grosso cuojo di buffalo *o*. Questo deve formare come il fondo d'un vasetto di ottone *m*. L'altra estremità del tubo si adatta al piatto P di una macchina pneumatica. Nel vasetto *m* di sopra si pone un poco di mercurio. Poi colla macchina si fa il vuoto nel tubo. Allora l'atmosfera esterna preme forte sul mercurio e lo fa penetrare pei pori del cuojo. Difatti si vede il mercurio cadere nel tubo come pioggia minutissima. — Si fa bollire l'acqua senza fuoco, alla temperatura ordinaria (58). — Colla macchina pneumatica si dimostra che l'aria è indispensabile alla combustione ed alla vita. Colloco una candela sotto la campana di una macchina pneumatica. Mano a mano che estraggo l'aria, la fiammella della candela diventa fioca. Alfine si spegne del tutto. Così un animale, come un topo, un uccello, ecc., muore, se si pone sotto la campana della macchina pneumatica, e se ne estrae l'aria. — Microscopici germi che son nell'aria fan corrompere la carne. Si è chiusa questa in casse di metallo, donde si estrasse l'aria colla macchina pneumatica. Dopo parecchi anni si sono aperte le casse e si è tro-

Fig. 22.

vata la carne fresca come il giorno che vi fu messa. — Infine la macchina pneumatica s'è ora adattata anche a vuotare i cessi. — Apparati pneumatici s'usano anche per concentrare nel vuoto sostanze medicinali, per estrarre l'aria dai tubi barometrici, ecc. — Meravigliosa è la *posta pneumatica* fatta da parecchi anni in Londra e a Berlino. Un gran tubo di ghisa attraversa sotterra la città da un capo all'altro. Quando è chiuso, se ne estrae l'aria con macchine pneumatiche. Un carrozzino di ghisa è pronto ad una delle porticelle del tubo. Quando il vuoto è fatto, la porticella si apre, il carrozzino irrompe dentro al tubo e in un batter di palpebra è all'altro capo del tubo stesso, perchè ve lo spinse l'aria dietro ad esso. Quel carrozzino poi porta i pieghi delle lettere, che sono ricevuti dall'altra parte da persone addette al servizio postale.

38. **Macchina di compressione.** — L'aria è molto dilatabile (27); perciò è molto anche compressibile(6,*e*).Quando colla bocca gonfio una vescica, io vi comprimo dentro dell'aria (fiato). — Per comprimere l'aria s'è inventata la *macchina di compressione* (fig. 23). Essa è formata di un recipiente R, dove l'aria dev'essere compressa. Esso recipiente è fissato al piatto A con quattro chiavarde di ferro D. Vi è un corpo di tromba P collo stantuffo. In fondo al tubo o corpo di tromba ci è una valvola *o* che si apre di dentro verso di fuori. Lo stantuffo ha pure una valvola che si apre verso l'interno del tubo. — Ecco ora che succede. Io alzo lo stantuffo nel tubo. La valvola *o* si chiude. Invece la valvola *a* dello stantuffo si apre e lascia entrar l'aria nel tubo. Ora io abbasso lo stantuffo. La valvola *a* di esso si chiude. Ma si apre la valvola *o* e l'aria è spinta, pel canaletto, nel recipiente R. Se di nuovo innalzo lo stantuffo, il tubo si riempie di aria. Abbassandolo, quest'aria è spinta nel recipiente R. Così facendo, qui si raduna molt'aria compressa.

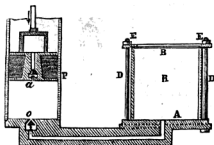
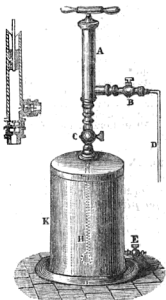



Fig. 23.

39. **Usi della macchina o tromba di compressione.** — Questa macchina si usa per preparare le acque gasose. Allora ha essa la forma come vedesi nella fig. 24. Il manubrio superiore in croce A serve ad innalzare e ad abbassare lo stantuffo. La tromba si vita, all'estremità C, al vaso K ove si vuol comprimere il gas (1). Lo stantuffo non ha valvola, ma questa è nel tubo B, (come vedesi nello spaccato del tubo a sinistra della figura), il quale comunica, pel tubo D, con un vaso pieno del gas, che si vuole comprimere. Da E, per mezzo di un mastio, si riempiono le bottiglie del liquore gasoso.

Fig. 24.

La più grande e importante applicazione della macchina di compressione fu fatta in questi tempi dall'ing. G. B. Piatti (2) nel gigantesco traforo del Moncenisio. Le acque che precipitano dalle balze di quel monte, servon a comprimere l'aria in grandi tubi di ghisa. Essa poi imprime, ad intervalli, un moto violento ad uno stantuffo, il quale di fuori ha un grande scalpello che battendo forte contro la roccia, ne leva scheggie e opera grandi fori. Inoltre l'aria compressa, introdotta nei sotterranei ove sono i lavoratori, vi rinfresca e purifica l'ambiente viziato. Il traforo del Moncenisio, lungo più di 12000 metri incominciò nel dicembre del 1857 e nella notte del 25 dicembre del 1871 si è compiuto. — Ora si pensa a far lo stesso giuoco al Sempione, colle stesse macchine. — Si parla pure di ferrovie pneumatiche, ove per salire le montagne si farebbe correre il convoglio entro un gran tubo di lamiera o galleria murata, servendosi dell'aria compressa da una parte e della rarefatta dall'altra. Nel 1864 nelle vicinanze del Palazzo di cristallo a Sydenham (Londra) si costrusse una galleria di mattoni lunga M. 550, alta 3 e larga 2, 75, con sue rotaje e carri, proprio come per le strade

(1) Per le acque gasose si adopera il gas *acido carbonico*. È questo che le fa spumeggiare. Esso si ottiene versando un acido forte sopra polvere di marmo od altra pietra calcare (*V. la Chimica*).

(2) G. B. Piatti morì il 4 settembre 1867 in Milano, in età di 54 anni. L'invenzione dell'*aria compressa come forza motrice* è sua. Ma altri se l'appropriarono; e l'infelice morì prima che gli fosse fatto giustizia.

ferrate. Ma da queste prove ad essere un fatto pratico, e' c'è ancora che ire. Balenò un piano di strada ferrata pneumatica a traverso il Sempione. Chi sa?... — Una parola sui *campanelli pneumatici.* Togliamo un tubo di metallo di piccolissimo diametro. Alle due estremità sono due borse, in forma di pera, di gomma elastica. Se io prendo in mano una pera e stringo, l'aria di essa spinta nel tubo farà inturgidire l'altra pera. Se qui fosse una molla che tenesse un campanello, la sarebbe urtata dalla pera gonfiatasi, e, scattando, farebbe sonare il campanello. Or fate che il detto tubo giri per un appartamento, vi sia una molla che trattenga un campanello e li vicino la borsa. L'altra estremità penda dalla parete in una sala. Per far sonare il campanello lontano basta premere colla mano la pera elastica. — Un italiano, certo Guattari, esponeva nel 1870 in Londra un *telegrafo pneumatico,* che era un congegno simile a quello dei campanelli or descritti, solo che, invece dell'aria comune, vi si usava l'aria compressa.

40. **Areostati.** — Un corpo più leggero di un uguale volume di liquido, è spinto alla superficie di esso liquido (19-20). Lo stesso succede nell'aria: *Un corpo più leggero di un uguale volume di aria, è spinto in alto dall'aria stessa.* — Ora l'aria *dilatata* o *rarefatta* è molto più leggera di un volume uguale di aria ordinaria. Il calore poi fa dilatare l'aria, cioè crescerne il volume, assai bene.

Stefano e Giuseppe Mongolfier, fratelli, erano cartai nella città di Annonay in Francia. Essi costrussero un gran pallone di tela e carta con un'apertura di sotto. A questa apertura accesero carta, paglia e lana bagnata per riscaldare l'aria interna del pallone. Difatti l'aria riscaldata si dilatò e il pallone si gonfiò senza aumentare di peso. Allora esso si alzò nell'aria, perchè era molto più leggero di un uguale volume di aria. Così il primo pallone o *areostata* fu veduto innalzarsi sulla piazza della città di Annonay alli 5 di giugno 1783 [1] — Di poi molti areostati si innalzarono. Ad essi si attaccarono delle barchette di cuojo, in cui salirono gli uomini. — Per mantenere l'aria calda nell'areostata si poneva all'apertura di esso un piattello con entro della materia accesa.

41. Questi palloni ad aria calda erano soggetti a molti pericoli, massime d'incendio. Laonde si pensò

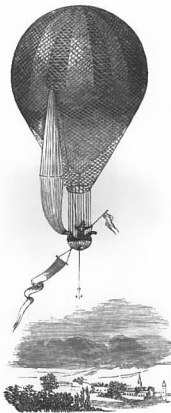
(1) La invenzione vera è dovuta al bresciano Francesco Lana, vissuto nel 1665.

di riempire i palloni di gas idrogeno, il quale è quattordici volte e mezzo più leggero dell'aria (28) [1] (Vedi la *Chimica*).

È fissato un limite, dopo cui l'aerostata non sale più. L'aria è più rarefatta mano a mano che s'allontana dalla terra (29). Quando il pallone è giunto in parte dove il peso del pallone è uguale ad un egual volume d'aria esterna, il pallone resta sospeso. Esso non può più muoversi che orizzontalmente.

Come fa l'areonauta quando vuol discendere? — R. Il pallone nella parte superiore ha una valvola. L'areonauta la può aprire e chiudere a piacere, con una cordicella. Perciò quando egli vuol discendere, apre la valvola e così esce un po' di idrogeno, e il pallone diventa meno leggero d'un ugual volume di aria; epperò discende.

Fig. 25.

42. **Paracadute.** — Può succedere la disgrazia che il pallone si guasti ed esca l'idrogeno tutto in una volta. Allora l'areonauta piomberebbe a terra e si sfracellerebbe. Ma s'è provveduto a ciò col *paracadute* [2]. Esso è fatto siccome un ampio ombrello, e pende da una banda dell'areostata (fig. 25). Ad esso è attaccata la navicella e con esso si può discendere adagio anche senza il pallone (fig. 26), perchè l'aria oppone grande resistenza allo scendere suo (12).

(1) L'italiano Tiberio Cavalli di Venezia inventò, fin dal 1782, il modo di far salire in aria bolle di sapone piene di idrogeno, e fece esperimenti in Londra un anno prima di Mongolfier.
(2) L'invenzione prima è del siciliano Venanzio Fausto, 1700.

Viaggi per l'aria. — Molte furono le ascensioni cogli aerostati. I primi animali che viaggiarono per l'aria, furono un montone, un'oca e un gallo. Stefano Mongolfier li aveva messi in una gabbia e attaccati ad un pallone. Dopo salirono anche gli uomini. I primi viaggiatori dell'aria furono il marchese d'Arlandes, ufficiale francese, e il giovine fisico Pilâtre des Roziers, che ascesero in Parigi alli 21 ottobre 1783 e fecero felicissimo viaggio. Primo tra noi che tentò il volo de' cieli fu il conte Andreani nella sua villa di Moncucco. — Dopo di essi si moltiplicarono le ascensioni, ma non sempre furono fortunate. Lo sa l'infelice conte Zambeccari di Bologna, che una volta cadde in mare e nel 1821 cadde bruciato egli e il pallone.

Nel 1808, alli 22 di agosto, l'astronomo milanese Brioschi e l'Andreoli ascesero in Padova con un pallone ad idrogeno fino a M. 8265 (1). — Un pallone di M. 11 di diametro e M. 15 di altezza può sollevare facilmente tre persone.

Fig. 26.

43. **Direzione dei palloni.** — Una gravissima difficoltà è quella della direzione dei palloni. Le navi appoggiano solo sulla superficie dell'acqua; ma il pallone è tutto immerso nell'atmosfera. Molti congegni si sono imaginati per navigare per l'aria. Ma tutti non ressero alle prove. Durante l'assedio di Parigi del 1870 e 1871 l'ingegnere Dupuy de Lôme imaginò altro. Il 2 febbraio di quest'anno egli salì e navigò dirigendo il suo pallone. Esso è di forma ovoidale e giace pel lungo. Sotto ha la sua navicella, alla poppa della quale è un'elica a due braccia mossa da 8 uomini. Può correre colla velocità di 8 chilometri all'ora. — Si vuol notare che il bolognese

(1) La misura di queste altezze comincia sempre dal livello ossia dalla superficie del mare. Il monte Bianco, che è il più alto d'Europa è di soli M. 4810. — Oggidì maggiori altezze si sono raggiunte. Nel 1862 gli inglesi Glaisher e Coxwel salirono fino a M. 11277; ma a M. 8700 perdettero l'uso dei sensi.

Angelo Lodi fin dal 1862 propose l'elica appunto per la navigazione aerea; ma non se ne fece altro, perchè è destino che l'Italia semini per gli stranieri, i quali poi ci vendono caro come cosa loro i frutti.

All'altezza di M. 700 o circa dal livello del mare il cielo appare di una tinta quasi nera. Dolgono gli occhi, gli orecchi e il petto. Il sangue spiccia dai pori della pelle con acuto dolore. Il polso si accelera: invece di 66 pulsazioni come in terra, lassù ne dava 120. Ciò succedeva per la grande rarefazione dell'aria a quell'altezza. Difatti il barometro era disceso di 32 centimetri. Il termometro che segnava 31 grado in terra, lassù segnava meno di 9 gradi sotto lo zero. La carta e la pergamena si contorcevano come se fossero state messe vicine al fuoco; il che avveniva per la grande secchezza dell'aria.

Acustica.

44. **Suono.** — L'*acustica* è parte della fisica, che tratta del suono. Il *suono* è una particolare sensazione che si prova per l'organo dell'udito (orecchio).

Il suono è prodotto dalle oscillazioni o vibrazioni rapide delle molecole di un corpo. Per esempio, io batto con un martello sopra una campana. La percossa fa oscillare (vibrare) rapidamente le molecole della campana, e ciò produce il suono. Quando le molecole tornano in quiete, allora il suono cessa. — Difatti, avvicinate un dito ad una campana che suona e sentirete le vibrazioni, il fremito, delle molecole.

45. **Propagazione del suono.** — Perchè il suono venga dal corpo sonoro fino all'orecchio, ci vuole l'aria. Dove non c'è aria, i suoni non si odono. Perciò se fai suonare un campanello sotto la campana, vuota d'aria, della macchina pneumatica, il suono non si ode. Si vede solo il battaglio che percuote.

Dunque l'aria è un mezzo necessario per trasmettere il suono all'orecchio.

Ora vediamo in qual modo il suono si propaghi per l'aria. — Se getto un sasso nell'acqua tranquilla di un lago o d'una peschiera, ecc., io vedo formarsi delle piccole onde, che si propagano all'intorno con molti circoli concentrici. Così pure si propaga il suono nell'aria. Le molecole vibranti del corpo sonoro comunicano un moto all'aria, quale un ondeggiamento, e le onde dell'aria entrano per l'orecchio e vi producono la sensazione del suono.

46. Non solo l'aria, ma tutti i corpi conducono il suono. — I liquidi conducono assai bene il suono. Perciò un uomo in fondo di un lago ode benissimo ciò che si dice sulla riva. — Nei solidi grande è la conducibilità del suono. Uno sfregamento, fatto con un ago ad un capo d'una trave, si ode benissimo all'altro capo. Un colpo, dato su un muro, s'ode dall'altra parte. Se di notte s'avvicina l'orecchio alla terra, s'ode il rumore de'passi d'un uomo lontano. Ma i solidi composti di particelle minute e separate (come la lana, il cotone, la segatura di legno, ecc.), smorzano (indeboliscono) il suono. — Infine tutti i gas trasmettono il suono. I più densi (come è l'acido carbonico) lo trasmettono meglio. — Perciò anche l'aria più densa trasmette più facilmente il suono. Nella zona polare si ode la voce di un uomo a due chilometri di distanza, perchè in que' luoghi l'aria è assai condensata pel freddo. Così da noi, nell'inverno e di notte, si odono meglio le ore e tutti i suoni, perchè l'aria allora è più densa. Per la ragion contraria più l'aria è rarefatta, meno si sente il suono. Un colpo di pistola sulla cima del monte Rosa sembra lo schianto di un bastone.

Il fischio d'una locomotiva si sente alla distanza di Cm. 3. Il rumore di un convoglio a Cm. 2 1/2. Lo sparo d'un fucile e l'abbajar d'un cane a Cm. 1 4/5. Il cantar del gallo e il suonar delle campane a Cm. 1 3/5. Il suono d'un'orchestra e il rullar del tamburo a Cm. 1 2/5. Il gracidar delle rane a M. 900; il canto dei grilli a M. 800. Il parlare s'intende a M. 500 dal basso all'alto, ma dall'alto al basso solo a M. 100. Cagione di questo è l'aria più rarefatta nella parte superiore; quindi la minore potenza delle onde sonore.

47. **Velocità del suono.** — Il suono impiega del tempo per propagarsi dal corpo sonoro fino all'orecchio. Nell'aria il suono corre M. 340 circa ogni battito di polso o minuto secondo.

Perciò io posso sapere, in alcuni casi, a quale distanza avviene un suono. Per es., io vedo il bagliore della scarica di un cannone lontano. La detonazione (lo scoppio) non si ode da me subito. Io allora conto quanti battiti di polso passano tra la luce e il rumore. Supponiamo che ne passino 10. Moltiplico 10 per 340 ed ho M. 3400. Donde conosco che il cannone è distante da me M. 3400. — Io vedo guizzare il lampo. Conto i battiti prima di udire il tuono, ed essi sono (supponiamo) 25. Moltiplicando 25 per M. 340, ho 8500, che sarebbe la distanza della nube temporalesca da noi.

Il suono è più veloce nei solidi, nei liquidi e nei gas meno densi. Per esempio, in alcuni metalli esso è fino sedici e diciotto volte più che nell'aria. Nell'acqua è di M. 1435 circa per minuto secondo.

Presa l'aria per unità, la velocità del suono è:

Aria	1,—	Ottone	10,87
Acido carbonico	0,80	Acciajo	15,31
Gas illuminante	1,60	Vetro	15,24
Idrogeno	3,57	Rame	11,96

48. **Eco.** — Se lancio una palla di gomma elastica contro un muro, essa rimbalza indietro. Così se le onde sonore incontrano un ostacolo, riflettono (ripiegano, rimbalzano) indietro. Per questo il suono medesimo si sente ripetere talvolta due, tre o più volte. Questa riflessione delle onde sonore, o ripetizione di suono, dicesi *eco*.

Le pareti di una grotta, di un ponte, di una galleria sotterranea, la vôlta di una chiesa, di un porticato, i muri, le rupi, le montagne, le nuvole, le nebbie dense e i banchi di ghiaccio possono essere cagioni dell'eco. — Per lo più l'eco non ripete che le ultime sillabe. — Per esempio, sotto un porticato io grido: *Quanto tempo dura amore?* L'eco delle vôlte risponde: *Ore.* — Talora l'eco ripete le parole più volte, perchè vi sono due o più ostacoli. Nella villa Simonetta, presso Milano, v'era un'eco bellissima che ripeteva fino a trenta volte e più un suono. — *Polisona* si dice l'eco che ripete un suono più volte.

Perchè l'eco succeda, l'ostacolo dev'essere distante dal corpo sonoro almeno M. 17. A minore distanza le onde sonore si confondono e producono un frastuono, che sentesi spesso nelle sale, e dicesi *risonanza*.

Curiosa è la proprietà delle vôlte ellittiche. Due persone poste nei due *fochi*, cioè alle due estremità di esse, possono conversare senza che le altre persone che sono in mezzo a loro, possano udire. Ciò è effetto di una specie d'eco che si forma nella vôlta. Sotto i portici degli archivi, in Piazza Mercanti di Milano, c'è qualche arcata che produce questo fenomeno. Lo stesso succede in una chiesa di Girgenti in Sicilia, nel palazzo ducale di Piacenza, nella sala dei Giganti a Mantova, nella basilica lateranense in Roma, nella chiesa di S. Paolo in Londra e nella galleria di Glocester.

49. Tubi acustici. — Porta-voce. — Corno acustico. — Mediante tubi cilindrici e diritti si può trasmettere a grande lontananza il suono. Un condotto di acqua a Parigi, ch'è lungo M. 951, trasmette sì bene il suono che si può, a voce bassa, parlare da un capo all'altro di esso. Nei grandi alberghi e stabilimenti si usano dei *tubi acustici* o *tubi parlanti*, fatti di gomma elastica o gutta-perka con diametro assai piccolo; essi attraversano i muri e servono assai bene per dare gli ordini da una camera all'altra, appressando la bocca all'imboccatura. — Il *Porta-voce* è un istrumento di latta o di ottone, lungo circa M. 0,70, che è fatto come una tromba (fig. 27). Esso pure serve per parlarsi a grandi distanze. In mare, fra

Fig. 27.

il mugghiar delle onde, quando si vuol parlare da prora a poppa per dare gli ordini o da una nave all'altra, si adopera il porta-voce, col quale si comunica fino a più di M. 3000 di distanza.

Il *corno acustico* è un tubo conico un po' ricurvo, di metallo, che si allarga all'estremità come tromba. Serve per le persone sordastre, che se lo pongono nell'orecchio, e così raccogliendo le onde sonore, possono udir meglio.

Fra gli strumenti acustici vuol esser messo anche lo

stetoscopio. Esso ha la forma di una trombetta di legno. I medici lo applicano sul petto degli ammalati per esplorarne i moti interni e scoprire il genere della malattia.

Il suono, in questi strumenti acustici, si accresce di molto, in quanto che essi non lasciano che le onde sonore si spandano troppo all'intorno.

CAPO VI

Del calore.

50. **Calore.** — Se avvicinate la mano al fuoco, sentite caldo. La sensazione del caldo è prodotta dal calore.

Due ipotesi sono sulla natura del calore, l'una che dicesi delle *emissioni* e l'altra delle *ondulazioni*. Nella prima ipotesi il calore sarebbe un fluido che i corpi accolgono e si tramandano a distanza. Nell'altra ipotesi il calore avrebbe per causa una vibrazione particolare delle molecole del corpo, il quale trasmette simile movimento all'etere, detto *Etere cosmico*, fluido invisibile, estremamente sottile ed elastico che è in tutto il creato, in tutti i corpi e fin nel vuoto più perfetto. Inoltre s'è osservato che ogni movimento di un corpo svolge calore, e viceversa. Perciò si dice che *il calore è la trasformazione parziale del lavoro meccanico di un corpo*. Tale teoria è ora la più accetta agli scienziati, ed è chiamata *teoria meccanica del calore*. Tuttavia alla spiegazione dei fenomeni si presta meglio l'altra delle emissioni, e noi seguiteremo con essa, come si seguita ancora a dire che il sole gira, sorge, tramonta, ecc. (1).

51. **Sorgenti di calore.** — Le principali sorgenti di calore sono: 1.° il sole; — 2.° il fuoco centrale della terra; — 3.° lo sfregamento; — 4.° la percussione; — 5.° la combustione; — 6.° le combinazioni di sostanze diverse *(combinazioni chimiche)*; — 7.° la vita.

(1) Questo libro non è fatto pei sacerdoti della scienza, ma pei poveri profani, pel popolo e pei ragazzi. Però i primi non devono *aggrinzare* il loro rispettabile naso come fecero per la prima edizione, tanto più che riconosco il mio torto di non avere in quella neppur accennato alla teoria. La quale espongo alto alto in un'appendice a questo capo (*Vedi*).

a) **Sole.** — Il sole è la prima sorgente di calore. Esso riscalda la terra. Senz'esso questa sarebbe un sol pezzo di ghiaccio, senz'alberi, senz'animali. Esso in un anno ci manda tanto calore da poter liquefare uno strato di ghiaccio alto M. 30 che ravvolgesse tutta quanta la terra (1).

Fig. 28.

b) **Calore centrale.** — Si crede che il centro della terra sia tutto infocato e in fusione. A M. 80 di profondità il calore va sempre aumentandosi via via verso il centro che è a M. 6,356,324. A 2500 metri sotterra si deve trovare già il calore dell'acqua bollente. A metri 4000 sarebbe già tal calore da fondere le roccie! I vulcani sarebbero sfiatatoi del fuoco centrale (2).

c) **Sfregamento. — Percussione. — Compressione.** — Queste tre son dette *sorgenti meccaniche di calore.* — Se sfreghi insieme due legni, essi si scaldano. Se gli sfreghi più a lungo, si accendono. Così fanno ancora i popoli selvaggi per accendere il fuoco. Perciò talvolta si incendiano le sale di legno e i mozzi dei carri. I chiodi, i succhielli, le seghe, le lime e simili si scaldano pure col lungo usarne. — Per ottenere gr. 250 di limatura di bronzo si svolge tanto calore da far bollire Cg. 25 di acqua fredda (a grado 0). — Percotendo col martello sopra un ferro, questo si scalda e anche il martello. — Percotendo coll'acciarino la pietra focaja, si produce tale calore che accende le particelle metalliche che si staccano dall'acciarino. — Metti in un tubo di vetro (detto *schizzetto* o *acciarino pneumatico)* un pezzetto di esca (fig. 28). Introduci in esso rapidamente uno stantuffo e subito tiralo fuori. Vedrai l'esca accendersi. Ciò succede perchè lo stantuffo compresse l'aria nel tubo, e l'aria compressa sviluppò calore. — La causa del calore nello sfregamento, nella compressione e nella percussione pare sia l'avvicinamento delle molecole o un moto vibratorio di esse.

d) **Combustione e combinazione di sostanze diverse.** — Queste son dette *sorgenti chimiche di calore.* — La combustione è

(1) Del calore irradiato dal sole cadrebbe sulla terra sol la 12,300,000,000.ª parte. — Ogni piede quadrato della superficie del sole produce tanto calore in un'ora, che è uguale a quello prodotto dall' abbruciamento di Cg. 750 di carbone.

(2) La terra avrebbe di solido solo una crosta di Cm. 20 circa, che paragonata al raggio terrestre di Cm. 6,000, starebbe come 1 : 300, quasi il guscio di un uovo. Secondo questa ipotesi la terra doveva un dì essere fluida e incandescente. Per raffreddarsi, com'ora si trova, dovette avere speso 353 milioni di anni! Il carbon fossile è di foreste che vegetavano 1300 000 anni fa.

prodotta dalla combinazione di due gas, cioè idrogeno ed ossigeno. — Versando dell'acqua sulla calce viva, vi si svolge calore. — Si svolge pur calore, se si mescola l'acqua coll'olio di vitriolo, ecc. — Qui si aggiunga anche l'*elettricità*, fonte pur essa di calore (108).

e) **Vita.** — Dicesi questa *sorgente fisiologica.* Essa è la causa in parte ancor incognita del calore negli esseri viventi.

52. **Effetti del calore.** — L'effetto generale del calore è quello di dilatare i corpi, cioè di aumentarne il volume col diminuirne la forza di attrazione molecolare, ossia con allontanarne le molecole l'una dall'altra. — Esperimenti: Prendi una sfera di ottone, la quale passi esattamente in un anello metallico. Fa poscia scaldare molto la sfera. Allora essa non non passerà più per l'anello. Dunque il calore la fece dilatare. — Prendi una boccetta dal collo lungo e stretto, piena d'acqua. Immergila in un bagno ben caldo. Dapprima l'acqua si abbassa, perchè il vetro della boccetta si è dilatato pel calore. Ma poi l'acqua s'innalza nel vaso, perchè pel calore si dilata essa pure. — Prendi una vescica gonfia a metà e coll'apertura chiusa. Se l'avvicini al fuoco, essa si gonfia bene, perchè l'aria dentro la vescica si dilata pel calore. — Dunque pel calore, i solidi, i liquidi e i gas si dilatano, cioè prendono un volume maggiore. I gas sono i più dilatabili. Dopo essi sono i liquidi (27) [1]. — Altre proprietà del calorico sono di fondere e di far evaporare i corpi, dopo averli dilatati, siccome diremo ai N. 56 e 57.

A cagione della dilatazione, le grate dei fornelli non si fermano nel muro che da una parte; altrimenti, dilatandosi pel calore, farebbero screpolare le pietre del fornello. — I cerchi di ferro delle botti o delle ruote dei carri, si riscaldano per porli sulla botte o sulla ruota di legno. Il calore li dilata e così più facilmente s'incastrano nella ruota stessa o botte. — Le guide di ferro delle strade ferrate non si toccano, perchè, se si toccassero, allungandosi pel calore, s'incurverebbero o spezzerebbero i guancialini su cui posano. — Così i vetri dei quadri e delle finestre talvolta si infrangono pel caldo. — Un bicchiere o una tazza di porcellana incrina e anche scoppia, se repentinamente vi si versa cosa molto calda o s'avvicini a gran fuoco. — Si stappa facilmente una bottiglia, avvicinandone il collo al fuoco che ne dilata il vetro. — Il calore della state fa

(1) È qui da fare un'eccezione per l'argilla, che, aumentando il calore, scema di volume. Perciò certi pezzi conici di argilla, detti *pirometri*, s'usano per sapere dalla diminuzione di lor volume il grado di calore delle fornaci, dei crogiuoli, ecc.

saltare in aria i tappi delle bottiglie ben turate o le fa scoppiare, dilatando il liquore e il gas acido carbonico che è dentro. — Una castagna messa vicino al fuoco scoppia, perchè l'aria interna e il vapor acqueo di essa, col dilatarsi, rompe il guscio ed esce con fragore. Lo stesso succede di una mela. — Così i gas svolgentisi dalla polvere accesa nella canna dello schioppo, si dilatano oltre modo e issofatto spingono fuori con violenza e detonazione lo stoppaccio e la palla [1]. — Un tizzo verde che arso sia dall'un de' capi, geme e cigola dall'altro capo pel vapore acqueo che n'è cacciato dal calore. — Gli orologi fanno spesso il matto, chè i loro *nervi* sentono pure le variazioni atmosferiche. — Lo strato d'aria che è in basso, dilatandosi pel calore si solleva. — Lo strato inferiore d'un liquido posto al fuoco, si innalza man a mano.

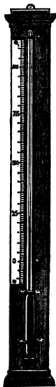



Fig. 29.

53. **Temperatura.** — Si dice *temperatura* la quantità sensibile di calore che ha un corpo. La temperatura di questa stanza è la quantità di calore dell'aria (ambiente) di essa. La temperatura del nostro corpo è il caldo, poco o molto, che esso ha. Quando il caldo è poco, la temperatura è *bassa*. Se il caldo è molto, la temperatura è *alta*. Perciò la temperatura ora *s'abbassa* ed or *s'innalza*.

54. **Termometro** [2]. — Per conoscere e misurare la temperatura di un corpo o luogo si è inventato uno strumento detto *termometro*.

Il termometro è formato di un tubo piccolissimo che termina in una bolliccina o alcun che di simile (fig. 29). In esso vi è dell'alcool colorato in rosso o del mercurio. Tra il liquido e l'estremità superiore del tubo vi è il vuoto. Per ciò fare si prende un tubicino di vetro, con bolla, da 20 a 25 centim. Se ne riscalda la bolla per espellerne (cacciarne fuori)

(1) I gas sviluppati dalla polvere prendono un volume circa 400 volte maggiore del volume della polvere stessa.

(2) Si crede che l'inventore del termometro sia stato Galileo Galilei fin dal 1596. Altri vuole che l'inventore ne sia Santonio, medico veneziano. — La parola greca *termometro* vuol dire *misura del calore*.

l'aria. Allora si immerge l'estremità aperta nel mercurio (ovvero nell'alcool arrossato coll'oricello). Se ne fa entrare tanto da empierne la bolla e parte del tubo. Si faccia bollire il mercurio sulla fiamma della lampada, finchè questo si versi sul tubo. Uscendo così, esso caccia fuori l'aria. Subito allora si chiude l'apertura fondendola alla fiamma. Col raffreddarsi, il mercurio si abbassa e tra esso e l'estremità chiusa del tubo resta il vuoto. — Or bene, il caldo fa dilatare il liquido del termometro, e perciò esso s' innalza nel tubo. Il freddo invece lo fa restringere; e il liquido allora discende. — Il tubo è fisso ad un' assicella, su cui sono indicati i *gradi di calore* o di temperatura con piccole lineette e numeri. Il 0 (zero) indica la temperatura in cui il ghiaccio si fonde. Il 100 indica la temperatura in cui l'acqua bolle.

Questo termometro (fig. 29) si dice *centigrado*, per distinguerlo da quello detto di *Réaumur*. In questo l'80 indica la temperatura dell'ebullizione dell'acqua. — Per iscriver i gradi, quelli sopra lo zero si indicano con un piccolo zero posto a destra sopra il numero del grado. Per es., 15° vuol dire 15 *gradi sopra lo zero*. — Invece i gradi sotto lo zero si scrivono con una lineetta dinanzi al *numero del grado*. Per es. — 15° vuol dire 15 *gradi sotto lo zero*.

55. Gradi 100 *centigradi* sono uguali a gradi 80 *Réaumur*.

»	75	»	»	»	60	»
»	50	»	»	»	40	»
»	25	»	»	»	20	»
»	20	»	»	»	16	»
»	5	»	»	»	4	»
»	3	»	»	»	2 2/5	»
»	2	»	»	»	1 3/5	»
»	1	»	»	»	4/5	»
»	0	»	»	»	0	»

V'è anche il termometro di Fahrenheit, che è diviso in 212 gradi. Il 32° di questo termometro corrisponde allo 0°, e il 212° equivale a 100°, cioè all' ebullizione dell' acqua.

Molti e conosciuti son gl' usi del termometro. Serve per sapere la certa temperatura delle stanze riscaldate colle stufe, delle bigattiere, delle fruttiere, delle stufe invernali per fiori, delle cave, in certe operazioni della tintoria, ecc. ecc.

Utilissimo per le fucine, pei forni ecc., è sapere il grado di calore. Il colore stesso del fuoco lo indica.

Il color *rosso pallido* indica .	525°	Il color *arancio* indica . . .	1100°
» » *rosso* » .	700°	» » *bianco* » . . .	1300°
» » *ciliegia* » .	900°	» » *bianco splendente*. .	1500°

56. **Fusione.** — Il calore fa fondere i solidi, dopochè li ha dilatati. Così un pezzo di piombo sul fuoco si dilata e poi si fonde.

Non tutti i solidi han bisogno della stessa quantità di calore per fondersi. Per es., il sego fonde al sole, ma non il ferro. Per fondere questo ci vogliono 1500 gradi di calore. Invece il mercurio si fonde a 40 gradi sotto lo zero.

Ecco una tavola della

TEMPERATURA DI FUSIONE DI DIVERSE SOSTANZE.

Mercurio	— 40°	Bismuto	264°
Ghiaccio	0°	Piombo (1)	335°
Sego	33°	Antimonio	450°
Fosforo	44°	Zinco	500°
Stearina	60°	Argento	1000°
Cera (bianca)	63°	Oro	1250°
Solfo	111°	Ferro	1500°
Stagno	228°	Platino (2)	13941°

Alcuni solidi pel calore non si fondono, ma si decompongono. Tali sono la carta, il legno, ecc.

57. **Evaporazione.** — Il calore non solo fa fondere i solidi, ma fa evaporare i liquidi. *Evaporare o svaporare* vuol dire *andare in vapore*, cioè *prendere lo stato gasoso.* Difatti io metto al sole un po' d'acqua in un piatto. Se il sole è caldo, dopo poco d'ora il piatto è asciutto, senz'acqua. Dov'è andata l'acqua? Essa è svaporata pel calore del sole. Questo fa continuamente evaporare molt'acqua dalla superficie dei mari, dei laghi, dei fiumi e della terra; donde hanno origine le nubi e le pioggie (118-119). Così l'acqua che che bolle al fuoco, diminuisce, perchè evapora. Invero, se la pentola è chiusa, il vapore ne solleva il coperchio e si vede salire in aria in forma quasi di nebbia.

È per ciò che nell'aria vi è sempre del vapore acqueo in maggiore o minore quantità.

58. **Ebullizione.** — Quando i liquidi, riscaldati di sotto, si convertono rapidamente in vapore, bollono. Il fenomeno dell'ebullizione succede per tal motivo. Il fuoco sotto la pentola scalda il liquido che si trova in fondo. Il liquido riscaldato si converte in va-

(1) Meraviglioso a dirsi! il piombo, lo stagno e il bismuto vogliono più di 200° e fino più di 300° a fondersi separati. Pure, mescolando un parte di stagno, una di piombo e quattro di bismuto, s'ha la lega d'Arcet che si fonde a soli 94°. (*V. Chimica*, 115).

(2) È questo il maggior grado di calore che siasi artificialmente finora potuto ottenere.

pore, il quale è più leggero del liquido stesso; perciò sale alla superficie. Ivi forma una bolla e poi subito la rompe e fugge in aria. Se facessi bollire l'acqua in un vaso di vetro, vedresti le bolle di vapore formarsi in fondo del vaso, salire e fuggire. — Dapprima il liquido grilla, ed è quando l'aria che esso contiene dilatandosi si solleva e se ne va. Poi bolle e manda sonagli. Se nel liquido si mescola qualche polvere dello stesso peso specifico dell'acqua (per es. segature di legno, semi di licopodio), si vede una colonna ascendere nel mezzo e altra ridiscendere ai lati verso le pareti. La prima è dell'acqua calda che per sua maggior leggerezza si solleva, e le altre son d'acqua fredda o men calda che va al fondo a riscaldarsi (fig. 30).

Fig 30.

Non tutti i liquidi bollono allo stesso grado di calore. L'acqua bolle a 100°; l'acido solforoso a 10°. Ecco una tavola del

GRADO DI EBULLIZIONE DI DIVERSE SOSTANZE

Sostanza	Grado	Sostanza	Grado
Acido carbonico	98°	Acqua satura di sal marino	109°
Acido solforoso	10°	Olio di lino	316°
Etere cloridrico	11°	Acido solforico (*concentrato*)	325°
Etere solforico	37°	Mercurio	350°
Alcool	79°	Zolfo	440°
Acqua	100°		

L'acqua, in cima dei monti, bolle più presto, cioè con meno calore. Così all'ospizio del S. Gottardo essa bolle a 92°. La cagione si è che sui monti la pressione dell'atmosfera è molto minore.

E sotto la campana della macchina pneumatica l'acqua bolle alla temperatura ordinaria (37).

Dunque, quanto più grande è la pressione sulla superficie del liquido, tanto più il liquido dura fatica a bollire. Al contrario quanto minore è quella pressione, tanto più presto esso bolle.

Da ciò si deduce questo principio: *Ogni liquido bolle quando la tensione (forza) del suo vapore può vincere la pressione che sopporta dall'aria o da altra causa.*

TAVOLA DEL GRADO DI EBULLIZIONE IN DIVERSI LUOGHI.

	altezza sul livello del mare.	grado dell'ebullizione dell'acqua.
Monte Bianco	M. 4775	84°,0
Città di Quito	2908	90°,1
Ospizio del S. Gottardo	2075	92°,1
Brianzone	1360	95°,8
Madrid	608	97°,1
Torino *(spec. dell'Accademia)*	230	99°,1
Milano *(giardino bot.)*	128	99°,5
Roma *(Campidoglio)*	46	99°,8

L'acqua non si scalda oltre i 100 gradi. Però a cuocere la carne basta che sia levato un leggier bollore e si mantenga. Aggiungere più legna non affretta la cottura. Ogni soverchio di calore serve solo a far maggiormente evaporare l'acqua.

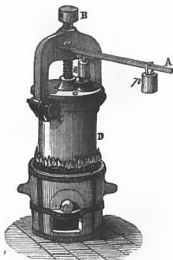



Fig. 31.

59. **Pentola di Papin** [1]. — La *pentola di Papin* (fig. 31) è un vaso cilindrico D di rame o bronzo di grande spessore. È chiuso con un grosso coperchio a vite. Per meglio fermare questo coperchio gli si mette anche una vite di pressione B. Poichè nel vaso fu messa acqua con ossa e fu ben chiuso, vi si accende sotto gran fuoco. — L'acqua in questo vaso non può bollire, perchè enorme è la pressione su di essa (58). Perciò nel nostro vaso essa può essere scaldata fino a 600 e più gradi, conservandosi sempre liquida. — La leva A col romano P, comunica coll'interno della pentola ed indica il

(1) La *pentola* o il *digestore di Papin* fu inventato dal medico francese Dionigi Papin (morto nel 1710) per provvedere di gelatine gli ammalati degli spedali. Ma ora l'uso della gelatina s'è smesso, essendosi trovato che essa è priva affatto di facoltà nutriente e corroborante (Liebig, *Lett. sec. sulla Chim.*, Lett. III).

grado di calore dell'acqua. Tal leva è parte della *valvola di sicurezza* (che sarà meglio descritta nella spiegazione alla fig. 32). In questa pentola si riducono le ossa come una pasta molle, e per liquido si ha la gelatina.

60. **Macchine a vapore.** — L'esperimento suddetto è molto pericoloso, perchè il vapore rinchiuso nel vaso, per la sua dilatabilità (forza di tensione), potrebbe fare scoppiare il vaso. Difatti se si aprisse un piccolo foro nel coperchio, il vapore uscirebbe con

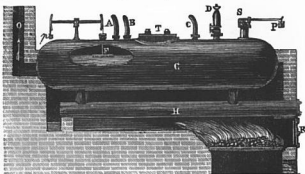



Fig. 32.

SPIEGAZIONE DELLA FIGURA 32.

A. — Tubo che conduce il vapore nei cilindri.
B. — Tubo che conduce il vapore ad un istrumento, detto *manometro*, che, quasi simile al barometro, serve a misurare la forza del vapore stesso.
C. — Tubo per cui si mette l'acqua nella caldaja.
D. — *Fischietto d'avviso.* Quando l'acqua venisse a mancare nella caldaja, il vapore esce pel fischietto e produce un forte fischio. Pel che si è avvertiti della mancanza di acqua. Tale fischio si può produrre a piacere per mezzo di una leva che comunica col fischietto.
F. — È un corpo *galleggiante* che serve ad indicare l'altezza dell'acqua nella caldaja, come si vede dalla apertura fatta per chiarezza.
G. — *Caldaja* o *generatore*, gran vaso di lamiera di ferro, che è cinto da un muro di materiale.
H. — Cilindro pieno d'acqua che comunica colla caldaja e sotto cui si accende il fuoco. Sono due questi cilindri e si dicono *bollitori*.
O. — Fumajuolo per cui esce il fumo.
P. — Peso o romano della valvola di sicurezza (vedi fig. 31, *p*).
p. — Contrappeso del *galleggiante* o *indicatore* F.
R. — Sportello del focolare.
S. — *Valvola di sicurezza.* È un cono cilindrico premuto sopra un foro della caldaja da una leva e da un dato peso (P). Quando il vapore supera il grado di forza che deve avere, può sollevare il tappo conico e uscire. Altrimenti potrebbe fare scoppiar la caldaja. Simile è la *valvola di sicurezza* della pentola di Papin (59. S è il tappo, *o* il foro).
T. — *Vano di passaggio*, che è una larga apertura, per cui possa entrare un uomo a pulire la caldaja.

forza stragrande e acutissimo fischio. Se innanzi a quel foro si ponesse una ruota a pale, questa, urtata da quel getto, girerebbe intorno velocissimamente. — Quinci è venuta l'idea prima delle *macchine a vapore* [1]. Ma adesso ne fu assai modificata la forma o piuttosto l'applicazione.

Una *macchina a vapore* è ora composta di un gran cilindro cavo di lamiera di ferro, e talora anche di rame, che è detto la *caldaja*, contenente acqua. Sotto si fa fuoco, il quale converte l'acqua in vapore. Questo entra in un tubo o cilindro di ghisa, ove per la sua dilatabilità [2] fa salire uno stantuffo. Poi il vapore esce per una valvola. Nuovo vapore spinge in giù lo stantuffo e poi esce a sua volta. Altro rientra a spingerlo in su, e così via. In tal modo lo stantuffo riceve un moto di va-e-vieni. Per mezzo poi di un'asta e d'un ingegnoso macchinismo, lo stantuffo comunica il suo movimento alla ruota e la fa girare. — Si osservino le figure 32, 33, 34 e 35.

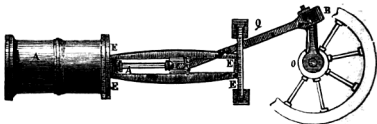



Fig. 33.

La figura 32 rappresenta la caldaja C con tutto il bisognevole per una macchina a vapore *fissa*. Essa ha un'apertura da una parte, solo per mostrare l'acqua di dentro. — Colla figura 33 si ha il disegno di un cilindro collo stantuffo interno e tutto il congegno per

(1) Giovanni Branca di Canobbio, provincia di Pallanza, pel primo applicò il vapore dell'acqua come forza motrice. Con esso, nel 1627, in Milano, ei mise in moto un mulino. Ma dal governo straniero, lo spagnuolo, n'ebbe indifferenza; pel che la scoperta produsse solo sconforto al grand'uomo che moriva nella oscurità. Tocca alla libera Italia rivendicare l'onore del suo figlio dinanzi allo straniero che lo ha posto in non cale!

(2) Il vapore acqueo prende un volume 1700 volte più grande del volume di acqua, da cui è generato, a 4°. — Cg. 70 d'acqua ridotta in vapore può sollevare un peso di 38 tonnellate; e per produrre lo stesso effetto ci vorrebbero circa 130 Cg. di polvere.

mettere in moto la ruota. L'asta snodata A Q e B che scorre fra due regoli E E riceve il moto dallo stantuffo a cui è attaccata, e lo comunica alla manovella B e alla ruota come farebbe per l'appunto il braccio di chi fa girare una ruota.

La figura 34 è il disegno dello spaccato di un cilindro collo stantuffo, per mostrare in qual modo il vapore può in modo alternato agire sotto e sopra lo stantuffo. Ciò ottiensi per mezzo della *valvola a cassetta.* A fianco del corpo di tromba è un bossolo di getto *d*, che dicesi *bossolo di distribuzione*. Dentro esso scorre su e giù una specie di cassettina y, che è la valvola. Il vapore della caldaja entra nel bossolo pel tubo di rame x, poi pel condotto b entra nel cilindro e fa sollevar lo stantuffo T. Questo sollevandosi, per un altro congegnamento spinge in parte contraria l'asta i che porta la cassetta y. Perciò questa si porrebbe nella posizione del disegno a sinistra, cioè toglierebbe ogni comunicazione tra il bossolo d e il condotto b. Allora nuovo vapore entrerebbe pel tubo x. Esso infilerebbe il condotto a, entrerebbe nel tubo e farebbe abbassare lo stantuffo T. Intanto il vapore che era già nel tubo ricalca la via b, entra nella cassetta ed esce pel foro O. Esso va a perdersi nell'atmosfera, o va in un recipente d'acqua fredda, detto *con-*

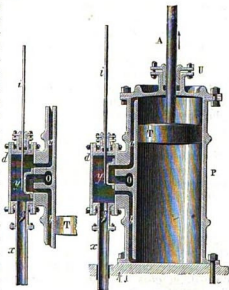



Fig. 34.

densatore, a condensarsi. Ma lo stantuffo, discendendo, fece salire l'asta *i*. Perciò la cassetta ritornò alla prima posizione del disegno primo. Quindi si ripeteranno le stesse cose, cioè 1.° entrata del vapore per *b* e innalzamento dello stantuffo; 2.° uscita dell' altro vapore per *a* ed o. — Ripetendosi questo giuoco con grande prestezza, lo stantuffo spinto su e giù, spinge pur l'asta snodata e questa la ruota, come è detto.

La figura 35 (*vedila dinanzi al frontispizio del libro*) ci rappresenta una macchina a vapore mobile, detta *locomotiva*. A sinistra sopra una piattaforma vedesi il meccanico. Egli tiene una mano sopra la leva del *regolatore* e può a volontà aprire o chiudere la communicazione del vapore cogli stantuffi, cioè può far andare o fermare la locomotiva. La parte a cupola che gli sta dinnanzi, è la *cassa di riscaldamento*, in cui l'acqua è riscaldata e convertita in vapore dal fuoco del *focolare* sottostante. Il fumo del focolare si fa passare per 125 tubi di ottone che sono immersi nell'acqua della *caldaja*, e infine esce pel camino Q. Così il calore del fumo ajuta a riscaldare l'acqua.

La *caldaja* è di rame, cilindrica e di circa M. 1 di diametro. È, per lo più, rivestita di legno, per meglio trattenervi il calore.

Il vapore entra in un cilindro che vedesi nello spaccato della *cupola*. Questo cilindro si biforca e conduce il vapore nei due corpi di tromba F di ghisa (nella figura non se ne vede che uno solo). Ivi il vapore agisce in doppio modo nello stantuffo, come fu detto, e poi esce pel camino Q.

All'estremità destra della caldaja, nella parte dinnanzi è una lampada con ispecchio concavo, per avvertire di notte l'avvicinarsi della locomotiva.

Alla parte sinistra è un'attaccatura, per cui la macchina si unisce al *tender*, o, più italianamente, carro di scorta o provvigione. Esso è un carro che, provvisto di carbone e d'acqua, tien subito dietro alla locomotiva.

Oltre a ciò v'è il *fischietto d'avviso* che si fa udire fino a M. 3000 di distanza, v'è la *valvola di sicurezza* ed altre parti di minore importanza a sapersi.

Tale è la macchina a vapore che sì velocemente trascina molte carrozze *(wagons)* sulle strade ferrate. Anche alcune navi (piroscafi) corrono a forza di vapore, invece delle vele e dei remi. Ed è già detto che il vapore si applica ad altre macchine, per filatoi, mulini, torchi tipografici, ecc., e queste si dicono *macchine a vapore fisse*, come è quella per l'appunto della figura 32.

Cavallo-vapore. — Per misurare la forza di una macchina a vapore, si adopera il *cavallo-vapore.* Un *cavallo-vapore* rappresenta *lo sforzo necessario per innalzare Cg.* 75 *ad* 1 *M. di altezza in un minuto secondo,* ovvero il *cavallo-vapore equivale a* 75 *Cg.* Perciò quando si dice che una macchina è di 50 *cavalli-vapori,* vuol dire che può innalzare 50 volte 75 *Cg.*, cioè Cg. 3750 ad un metro di altezza per ogni minuto secondo. La forza di un *cavallo-vapore* è circa il doppio di quella di un cavallo da tiro. — La quantità di lavoro necessario per sollevare 1 Cg. ad un metro in un secondo si dice *Chilogrammetro.* Un cavallo vapore o, come pur si dice, cavallo dinamico è perciò di 75 chilogrammetri.

61. **Aossrbimento ed emissione di calore.** — Se io appoggio un pane caldo sopra una tavola, questa si scalda. Invece il pane si raffredda a poco a poco. Or bene, la tavola diventa calda, perchè *assorbe* il calore del pane. Questo diventa freddo, perchè *emette* (manda fuori) il suo calore. — Tutti i corpi assorbono ed emettono calore.

Una palla di metallo si scalda al fuoco, perchè ne assorbe il calore. La stessa palla poi si raffredda, perchè di continuo emette calore all'intorno di sè. Anche la terra emette (irradia, riflette) di notte il calore che di giorno assorbì dal sole.

62. Non tutti i corpi assorbono in modo eguale il calore. Alcuni ne assorbono molto, altri poco. Ciò dipende principalmente dalla loro superficie. Se la superficie è scabra o nera, i corpi assorbono più bene il calore (si scaldano più presto). — Vuolsi eccettuare la biacca o cerussa, che, sebbene bianca, assorbe calore quanto il nero di fumo.

Esperimento: Si involga una palla di neve in un panno bianco e un'altra in panno nero, e le si espongano al sole ardente. La palla del panno nero si liquefarà più presto di quella del panno bianco, perchè quella nera assorbe più bene il calore del sole. — Per questi motivi l'uomo d'inverno preferisce abiti neri. Al contrario in estate indossa abiti bianchi. — I cibi in

un vaso vecchio e annerito di fuori cuocono più presto che in un vaso nuovo e lucido. — I contadini coprono la neve di terra oscura, affinchè possa liquefare più presto, e altri coprono la terra di carbone polverizzato o fuliggine, acciocchè quella venga più riscaldata dal sole. — Dalla diversità di colore dipende ancora il diverso grado di calore di un oggetto. Se si pone un termometro dietro un panno rosso e un altro dietro un panno verde, il primo si innalzerà di più. Il calore maggiore vien dal rosso e il minore dal turchino. Gli altri colori dello *spettro solare* (92) assorbono più o meno calore, secondochè più son vicini al rosso o al turchino. Perciò male fanno le contadinelle che d'estate portano in capo pezzuole rosse. Così le tende *persiane*, fatte di cannuccie, tengon più fresche le camere se le son azzurre o verdi. — I Neri sarebbero pur infelici sotto la cocente sferza del sole, se dal loro corpo non trasudasse una materia oleosa coibente (65). — L'uva di un pergolato presso un muro smaltato con malta mescolata con nero di fumo, matura più presto (1).

63. I corpi che più facilmente assorbono il calore, lo emettono anche più facilmente. Invece le superficie bianche o levigate stentano ad assorbire calore, ma lo ritengono più lungamente.

Perciò un cibo si conserverà caldo più a lungo in un vaso di superficie bianca e levigata, come in un vaso di latta, argento, porcellana bianca o terraglia ben verniciata. — Le stufe di terra devono avere superficie oscura e scabra, perchè devono emettere calore per riscaldare le camere. Invece s'imbianchino quelle di ghisa, perchè si riscaldino lentamente e non si raffreddino subito. — Così si imbianchi l'interno dei caminetti. — Quindi le vesti bianche (contro l'uso di sopra accennato) dovrebbero preferirsi anche d'inverno, perchè sottraggono meno calore al corpo. Si conciliano però le due ragioni, ponendo vesti bianche di sotto e nere di sopra. Quelle non lasciano sfuggire il calore del corpo; queste assorbono più calore dal di fuori. — Sapiente natura vestì di bianche lane o piume gli animali dei ghiacci polari.

64. **Conducibilità del calore.** — Tengo vicino alla fiammella di una candela un ago da calze. Dopo qualche minuto sento scottarmi le dita, sebbene esse siano distanti dalla fiamma. Ciò avviene, perchè le molecole dell'ago vicine alla fiamma assorbono ca-

(1) Oggidì molto si cerca di trar profitto dal calore solare. S'è costrutto una pentola di rame annerito, appoggiata su un disco di legno e coperta da una campana di vetro. Uno specchio di rame inargentato riflette i raggi del sole sulla pentola. In 20 minuti si ottenne la temperatura di 200°; in 35 si fecero bollire 5 litri di acqua; in 4 ore si cosse un Cg. di carne e un altro di pane; in 40 minuti si distillò in un lambicco 2 litri di vino. Chi sa? un dì il sole farà correre i carri delle strade ferrate e girar le ruote e muovere le macchine delle fabbriche.

lore da questa. Poi esse lo trasmettono subito di molecola in molecola fino all'altra estremità dell'ago e alle mie dita. — Il potere dei corpi di trasmettere il calore di molecola in molecola dicesi *conducibilità*.

65. **Buoni e cattivi conduttori.** — La conducibilità del calore non è eguale in tutti i corpi. Difatti si può tenere in mano un carbone acceso da una parte, senzachè si scotti la mano. Ma non si può tenere in mano un ferro, anche lungo, arroventato da un capo, perchè scotta. La cagione si è che il ferro trasmette *bene* e *rapidamente* il calore di molecola in molecola. Invece il carbone lo trasmette *male* e *lentamente*.

I corpi che trasmettono rapidamente e bene il calore, diconsi *buoni conduttori*. I corpi che trasmettono il calore lentamente e male, sono chiamati *cattivi conduttori* o *coibenti*.

Sono *buoni conduttori* tutti i metalli; prima l'oro, poi il platino, l'argento, il rame, il ferro, lo zinco, lo stagno, il piombo. Sono pur buoni conduttori il marmo, la porcellana, la terra da stoviglie e i mattoni. — Perciò i pavimenti di marmo sono freddi, perchè conducono via rapidamente il calore. — Così un pezzo di ferro pare più freddo d'un pezzo di legno. — Le stufe di metallo scaldano più presto la stanza, ma più presto si raffreddano.

Avvolgendo ben bene una palla di piombo in una carta sottile, si può farla liquefare, senza che questa abbruci, perchè il metallo, buon conduttore, assorbe tutt'il calore. Così si può riscaldare l'acqua in una carta; e ponendo un cucchiaio d'argento in un bicchiere, si impedisce che versandosi l'acqua calda, quello incrini.

Sono *cattivi conduttori* prima i liquidi e i gas, poi la paglia, il legno, la lana, le pelliccie, il cotone, il lino, la seta, le piume degli uccelli, i peli, la cera, il carbone, la neve, la pietra. Cattivi conduttori son anche tutte le sostanze formate di parti piccolissime disgiunte, come la polvere, le raschiature, le limature, l'ovatta, ecc. — Perciò d'inverno ci vestiamo di lana. — I popoli delle zone glaciali si vestono di pelliccie. — Dio provvide di lungo e foltissimo pelo gli animali dei climi rigidi. — Le coltri e i panni d'inverno s'imbottiscono di soffice cotone in fiocco. — I pavimenti di legno (tavolati) tengon più caldo. — D'inverno i pavimenti delle camere signorili si coprono di tappeti e di stuoje. — I manichi delle caffettiere e di quasi tutti i vasi da fuoco si fanno di legno. — Nell'estate il ghiaccio s'involge nella lana o nella paglia per conservarlo. — Le tenere pianticelle dei gelsi, ecc., si fasciano di paglia, acciocchè non gelino nell'inverno. — La neve non lascia gelare

la terra (120). — Il povero Esquimese copre di neve la sua capanna di ghiaccio. — Le doppie invetriate nell'inverno tengono caldo, perchè l'aria chiusa fra esse non lascia uscire il calore delle camere. — Le vesti larghe tengon più caldo, perchè racchiudono negli sgonfi, nelle pieghe ecc., uno strato di aria. — Le nubi non lasciano che la terra si raffreddi nella notte (122). — L'atmosfera, come un coltrone, mantiene alla terra il calore che questa riceve dal sole. Invece la luna, essendo priva di atmosfera, dev'essere sempre ghiacciata, sebbene colassù sia un giorno di 316 ore. — Con vesti di amianto (1) si può rimanere alcun tempo fra le fiamme senza risentire scottatura di sorta, perchè l'amianto, oltre essere incombustibile, è cattivo conduttore. — L'acqua in una pentola non bollirebbe mai, se si ponesse il fuoco sopra la pentola. Anzi (fig. 36) si potrebbe scaldare l'acqua alla superficie di un vaso, mentre in fondo ad esso avvi ghiaccio senza disciogliersi. — Per la poca conducibilità del corpo nostro, gli operai nelle fabbriche di gesso possono, trattenendo il fiato, entrare nei forni riscaldati fino a 200° e uscirne illesi. Per la stessa poca conducibilità, il nostro corpo mantiene sempre il suo calore intern o di circa 38° sebbene varii ogni momento la temperatura esterna (2).

Fig. 36.

66. **Calore latente.** — Se strofinate insieme due pezzi di legno, essi si scaldano, sebbene prima dello strofinamento fossero freddi. Donde è venuto a que' legni il calore? Dal di fuori no certo. Dunque è venuto da loro stessi. Il calore era già prima nel legno, ma era *latente*, cioè nascosto in esso.

Tutti i corpi hanno calore *latente* (nascosto). — Perciò se batto con un martello sopra un ferro, questo si scalda. La zampa ferrata del cavallo batte sul selciato, ed ecco scintille. Se si fregano insieme due pezzi di ghiaccio, essi si liquefanno. Se si comprime l'aria, essa si scalda (51, *c*).

(1) L'amianto è una sostanza minerale che si trova in Piemonte, Candia ecc. È bianca, filamentosa e soffice, sì che si può filare, per farne vesti, guanti, calze, ecc. Gli antichi in lenzuola di amianto ravvolgevano i cadaveri che abbruciavano sui roghi, per raccoglierne le ceneri che poi come sacre richiudevano in urne.

(2) Dell'incombustibilità (*V. Chimica*, 43).

67. Supponiamo una pentola d'acqua che bolle. Il fumo che si alza dalla pentola, è vapore acqueo. Se io pongo un dito nell'acqua bollente, mi scotto. Invece se metto la mano fra il vapore acqueo di essa acqua, non sento sì grande calore [1]. — Ecco il motivo. L'acqua ha bisogno di 100 gradi di calore per diventare vapore. Il vapore poi non perde mica questo calore, ma se lo rende latente, cioè lo nasconde in sè.

Tutti i liquidi per divenir gasosi, assorbono calore e lo rendono latente.

Se bagni di alcool un dito, l'alcool evapora subito. Tu intanto provi sensazione di freddo. Il liquido, per isvaporare, ebbe bisogno di calorico e lo prese via al tuo dito. Perciò sentisti freddo. — D'estate si spruzzano d'acqua le vie e il suolo delle case. L'acqua poi evapora e sottrae calore al suolo. Quindi si sente fresco. — Il burro, i pesci e la verdura in estate si conservano freschi, se si involgono in una tela bagnata. — Dopo la pioggia l'aria calda estiva si rinfresca. L'umidità degli oggetti che ci attorniano e delle vesti ci rende più sensibili al freddo invernale. — Avvolgendo in un panno bagnato una bottiglia ed esponendola al sole o al fuoco o ad una corrente d'aria, il liquido nella bottiglia si rinfresca. — Si ponga un largo piattello sotto la campana della machina pneumatica e vi si metta anche dell'acido solforico concentrato o del cloruro di calce. Facendo il vuoto, l'acqua bolle (58) ed evapora. I vapori vengono assorbiti dall'acido o dal cloruro. Perciò l'evaporazione si fa molto rapida e sottrae tanto calore all'acqua, che gela. — In un vaso di platino rosso infocato pongasi un poco d'acqua e dell'acido solforoso. Questo evapora sì rapidamente e assorbe tanto calore, che l'acqua si agghiaccia. Così da un vaso rovente si estrae (meraviglia a dirsi!) un diacciuolo!

Il calore reso latente dal vapor acqueo formatosi a 100° è tanto che può bastare da elevare a 100° una massa di acqua cinque volte e mezzo circa più di quella del vapore stesso; cioè il vapore prodotto da un litro di acqua può scaldare fino a 100° litri 5,37 di acqua a 0°. Quindi l'utile applicazione del vapore acqueo a scaldare appartamenti ecc., facendolo correre per tubi a posta. Così nelle filande dei bozzoli scaldasi l'acqua nelle caldaje, introducendovi il vapor acqueo; e ciò con grande risparmio di combustibile.

68. Anche i solidi rendono latente il calore per diventare liquidi.

Se mescoli insieme un chilogramma di acqua a 0° e un altro chilogramma di acqua a 79°, tu hai due chilogrammi di acqua

(1) Se però per raffreddamento il vapore si condensasse sulla pelle, esso vi produrrebbe grande scottatura, appunto pel grande calore latente che il vapore ha e che allora lascerebbe libero.

a 39° e mezzo. L'altra metà di calore fu ceduta dall'acqua calda alla fredda. — Ma se mescoli un chilogramma di ghiaccio con un chilogramma di acqua a 79°, hai due chilogrammi di acqua a 0°. Il ghiaccio per liquefarsi assorbi i 79 gradi di calore dell'acqua calda. Dunque il ghiaccio (solido) per diventare liquido rende latenti 79 gradi di calore. — Mescola due parti di neve o ghiaccio ben triturato con una parte di sale di cucina. Il sale fa liquefare il ghiaccio, che rende latente molto calore. Perciò si ha una mescolanza molto più fredda del ghiaccio solo.

69. **Congelazione artificiale.** — Dal fatto esposto del *calore latente* si può artificialmente congelare l'acqua anche in estate.

Fascia di cotone una bottiglia di vetro sottile piena di acqua. Inzuppa ben bene di etere solforico il cotone. L'etere evapora. Perciò sottrae calore e l'acqua si congela. — Gli Indiani fanno gelar l'acqua durante la notte per mezzo di vasi porosi. Le goccioline che escono dai pori di questi vasi, evaporano e producono tale freddo (67) che l'acqua agghiaccia [1].

70. **Freddo.** — Dal fin qui detto appare che il freddo non è una sostanza. Il freddo è solo mancanza di calore. Quindi il freddo produce sui corpi l'effetto contrario che produce il calore. Per esempio, il calore fa liquefare i solidi; e il freddo solidifica i liquidi. Il calore fa evaporare i liquidi, e il freddo fa condensare, cioè diventar liquidi, i gas. Quello fa dilatare i corpi; questo li fa restringere (condensare).

Ma qui si eccettui l'acqua, che da 4° fino a 0° aumenta circa un decimo del suo volume. Perciò il ghiaccio galleggia sull'acqua; spezza talvolta i vasi in cui si forma, pel suo dilatarsi; per ciò stesso le pietre, i tegoli dei tetti, il suolo, il selciato delle vie, i condotti d'acqua e fin le rupi nei rigidi inverni screpolano e si spezzano ancora. Perciò le piante muojono pel gelo, chè l'acqua gelandovi, cresce di volume e si disorganizza il vegetale. — Anche altri corpi col freddo si dilatano, come il bismuto, il ferro fuso, il solfo. — La forza che acquista l'acqua dilatandosi pel congelamento, è tanta che spezzò una sfera di rame molto spessa. Tale sforzo è stato calcolato uguale a quello necessario per rimuovere Cg. 13860! In generale la forza dell'acqua per congelare si valuta a più di 1000 atmosfere cioè mille volte il peso di una colonna di mercurio alta M. 0,76 (31).

[1] Varii miscugli frigorici vedi nel trattatello di *Chimica*.

APPENDICE AL CAPO VI

TEORIA DINAMICA DEL CALORE.

Il calore di un corpo consiste nel movimento vibratorio delle molecole o anche degli atomi del corpo stesso. — Ogni calore genera movimento; ogni movimento calore. Riscaldandosi un corpo, le sue molecole vibrano. Da ciò si hanno due effetti: cambiamento di volume (dilatazione) e cambiamento di temperatura. Perciò il calore ricevuto esternamente in parte si converte in lavoro interno del corpo stesso e in parte eleva la temperatura di questo.

Esempio: L'acqua ha bisogno di calore per evaporare. Questo calore è convertito in lavoro, che è di distruggere l'attrazione molecolare e sforzare, per così dire, le molecole a dilatarsi, cioè a staccarsi. Di questo lavoro, di questa forza, seppesi trarre profitto nelle macchine a vapore. L'urto dello stantuffo produce calore. Se questo si potesse raccoglier e valutare, come in altro modo si è fatto, troverebbesi essere, coi dovuti calcoli, la quantità stessa di calore che valse a produrre quella quantità certa di vapore, donde l'urto. Ecco spiegati in nuovo modo e più vero i fenomeni del *calore latente* (66).

Con tale teoria si spiega la trasmissione del calore nei corpi tra molecola e molecola, e per conseguenza la loro conducibilità, come si spiega la trasmissione di movimento da una palla all'altra in una pallottoliere, quando si percuota la prima, o come la caduta di tutti i soldatini fatti colle carte di tarocchi e messi in fila, appena se ne faccia cadere il primo.

Fra gli atomi o le molecole dei corpi e l'etere, detto calorifico o luminoso o cosmico, che riempie ogni spazio (50), vi ha massima relazione. Perciò il movimento di quelli facile si comunica all'etere, e da questo a quelli. In questo modo il calore è trasmesso a distanze da corpo a corpo.

Riscaldo un corpo a poco a poco. Le vibrazioni delle molecole si faranno man a mano più energiche. Allo stesso modo l'etere

sarà sempre più energicamente scosso. L'etere trasmetterà così i raggi calorifici. Produrrà in altri corpi la vibrazione delle molecole, cioè riscaldamento ecc. — Ecco una nuova spiegazione dell'*emissione e assorbimento* di calore (6). — Cresca più che mai il riscaldamento del corpo, cresceranno le vibrazioni a tal grado che il movimento dell'etere si renderà sensibile come luce. Allora il corpo cambierà d'aspetto, chè i raggi calorifici saranno accompagnati dai raggi calorifici luminosi. — Ecco spiegata anche l'origine e la natura della luce, di cui nel capo seguente.

Queste vibrazioni dell'etere, come onde, incontrando un corpo, possono riflettersi indietro, rimbalzare, ed anche attraversare un corpo (come fa la luce pei corpi diafani) senza produrre vibrazioni di sorta.

Tutti i fenomeni del calore si possono spiegare anche paragonandoli alle onde sonore (45).

L'etere cosmico non sarebbe solo la causa dei fenomeni calorifici, ma anche dei luminosi e degli elettrici.

Una forza che può in un minuto secondo sollevare all'altezza di 424 M. un chilogramma di materia, è capace di generare un moto che dia un grado centigrado di calore; e tale forza fu chiamata *equivalente meccanico del calore*. — E la quantità di calore necessaria per iscaldare da 0° ad 1° grado un chilogramma di acqua si dice *caloria*.

CAPO VII

Della Luce.

71. Natura della luce e sorgenti. — Due ipotesi si sono immaginate per ispiegare la natura della luce, e sono le due stesse del calore, cioè: *Emissione* e *Vibrazione*. Anzi luce e calore sarebbero propriamente la medesima cosa, e se i raggi calorifici non sono visibili, è sol per difetto dell'occhio nostro (Vedi l'*Append. al capo VI*).

Ottica si dice la parte della fisica che parla della luce.

Le sorgenti di luce sono: 1.° il sole e gli astri; 2.° il calore; 3°. le combinazioni chimiche; 4.° la fosforescenza; 5.° l'elettricità; 6.° i fenomeni meteorici.

Delle due ultime sorgenti parleremo al loro luogo.

a) Sole ed astri. — Ignota è la origine di loro luce; ma pare di sostanza gasosa.

b) Calore. — I corpi alla temperatura di 500 o 600 gradi e innanzi cominciano a divenir luminosi.

c) Combinazioni chimiche. — L'artificiale illuminazione è prodotta da esse. La fiamma invero è materia gasosa riscaldata in presenza dell'ossigeno, fino al punto di divenir luminosa.

d) Fosforescenza. — È questa la proprietà di alcune sostanze di emettere luce, senza svolgimento di calore. Così il fosforo luce nell'oscurità. Due pietre silicee, confricate insieme, rilucono. La lucciola manda lume. Miriadi di zoofiti fosforescenti rendono luminoso il mare dei tropici. Un pezzo di zuccaro, rotto nell'oscurità manda luce. Il pesce guasto, i legni marci ecc. rilucono pure nell'oscuro. Altre sostanze, come la baritina (1) e il diamante dan luce nelle tenebre, dopo che siano state esposte al sole.

72. **Corpi diafani, opachi**, ecc. — La luce passa attraverso alcuni corpi, come il vetro, l'acqua, l'aria, ecc. Questi corpi, che lasciano passare la luce, si dicono *diafani.* — Molti corpi invece non lasciano passare la luce, come il ferro, il legno, ecc.; e questi son detti *opachi.*

73. Un vetro e un foglio di carta sono *diafani*, perchè lasciano passare la luce. Ma attraverso il vetro io vedo gli oggetti distinti. Invece attraverso la carta io non li vedo. — I corpi che lasciano vedere distintamente gli oggetti attraverso di loro, si chiamano *trasparenti.* — I corpi che non lasciano distintamente vedere attraverso di essi gli oggetti, diconsi *traslucidi* o *pellucidi.* — Tutti i corpi opachi diventano *traslucidi,* se si riducono in sottilissimi fogli.

74. **Velocità della luce.** — La luce solare, per venire dal sole fino alla terra, deve attraversare uno spazio lungo circa Cm. 153,000,000. Così la luce della candela, per andare fino alle pareti della camera, deve percorrere uno spazio. Or bene, per percorrere uno spazio, ci vuole del tempo. Dunque anche la luce deve impiegare tempo per andare da un luogo

(1) La baritina è detta anche *fosforo di Bologna*, perchè fu un ciabattino di questa città che vi scoperse la proprietà di rilucere nell'oscuro.

all'altro. — Ma la luce è velocissima. Essa in un minuto secondo percorre circa Cm. 320,000. Perciò in un minuto secondo farebbe circa otto volte il giro della terra, la cui circonferenza media è di Cm. 39,983.

Una palla di cannone che corresse sempre M. 390 per secondo, impiegherebbe diciassette anni per giungere dal sole fino a noi. Un treno delle strade ferrate correndo colla massima velocità si da fare Cm. 50 per ora, non giungerebbe dal sole a noi che in 3 buoni secoli e mezzo. La luce impiega solo *otto minuti primi e diciotto secondi* per fare lo stesso viaggio (1).

75. **Direzione della luce.** — La luce si propaga sempre in linea retta in un corpo omogeneo (della stessa natura). Ciò si può provare con un lungo tubo diritto. Si riceva in esso direttamente un raggio di sole. Benchè il tubo sia lunghissimo, il raggio lo percorrerà sempre direttamente e uscirà dall'altra parte. — Si osservi il raggio di luce che entra per un forellino delle imposte in una camera chiusa. I pulviscoli dell'aria fan vedere quel raggio attraversare diritto fra le tenebre della camera. — Ma quando la luce passa da un corpo in un altro non omogeneo, allora cambia direzione, siccome vedremo (80).

76. **Riflessione della luce.** — Se la luce incontra una superficie levigata, si riflette (ripiega) indietro. Ricevi per un buco dell'imposta un raggio di sole sopra uno specchio inclinato. Osserva che il raggio va diritto dal buco allo specchio. Ma qui esso torna indietro e va a finire direttamente sopra una parete. Ciò avviene perchè lo specchio *riflette* la luce. — Tutti i corpi di superficie levigata riflettono la luce. — Ma quelli di colore bianco o più chiaro la riflettono meglio di quelli di colore oscuro.

I pianeti, e principalmente la luna, ricevono la luce dal sole e la riflettono sulla terra e negli spazii. — Dopo il tramonto del sole non è subito notte, perchè le nubi e l'aria riflettono la luce del sole cadente. — Così la terra si rischiara prima che il sole spunti sull'orizzonte per riflessione dell'aria (2). — Se i

(1) Malgrado la velocità grande della luce, le stelle fisse più vicine alla terra, sono a tale lontananza, che la luce loro impiega tre e più anni per giungere fino a noi! La luce di altre stelle impiega migliaja e milioni d'anni, e però noi le vedremmo ancora, sebbene, per un' ipotesi, fossero spente già da secoli e secoli!

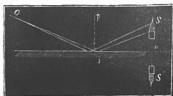
(2) Invece nella luna, perchè la è priva d'atmosfera, si passa d'un tratto dalla grande oscurità alla gran luce, e viceversa, senza crepuscoli mai.

raggi della luna battono sui muri bianchi della casa dirimpetto alla mia camera, questa ne è rischiarata per riflessione. — Le montagne, le nubi, le pianure, i mobili della casa, in una parola, tutti gli oggetti, riflettono, più o meno, la luce. Per questo sono illuminati anche i luoghi dove non giungono direttamente i raggi del sole. — Sopra le lucerne si mette un cappelletto di cartoncino bianco di dentro, o di metallo ben levigato ovvero imbiaccato internamente. — Le camere bianche son più chiare di quelle a pareti fosche o con tappezzerie di colore.

77. **Specchi.** — Se guardo in uno specchio, vedo la mia immagine. La luce che illumina la mia faccia, è riflessa sullo specchio, e questo la riflette di nuovo indietro a' miei occhi. In questo modo vedo la mia immagine in esso. — Anche l'acqua, una piastra d'argento levigato, ecc., riflettono l'immagine delle cose.

Si dice *specchio* ogni superficie levigata che rifletta l'immagine degli oggetti.

Fig. 37.

La fig. 37 mostra in qual modo procedono i raggi nella riflessione e come avvenga il fenomeno di veder l'oggetto riflesso non mica sulla superficie dello specchio ma dentro esso. La linea orizzontale raffigura lo specchio; S è una fiamma, ed O l'occhio dell'osservatore. Il raggio S J farà colla superficie dello specchio un angolo *(angolo di incidenza)*, poi, riflettendosi, percorrerà la direzione J O facendo colla superficie un altro angolo (*angolo di riflessione)* uguale al primo. Questo fatto costante si esprime in questo modo: *L'angolo di riflessione è uguale all'angolo di incidenza.* (L'occhibagliolo che i ragazzi fan collo specchio è una applicazione di questa legge). L'imagine del lume S si forma proprio in J; ma l'occhio O la vede sul prolungamento della linea O J e propriamente in S'. Perciò si vede l'imagine capovolta, come si vedono per l'appunto le case, le piante, le persone lungo le rive dei laghi, fiumi, ecc.

78. Si dicon *piani* gli specchi, se han piana la superficie; *concavi,* se concava; *convessi,* se convessa. Gli specchi convessi impiccoliscono l'immagine dell'oggetto; invece la ingrandiscono i concavi, sformandola tutti e due. Un'altra proprietà degli specchi concavi è di radunare (convergere) in un punto detto *foco,* dinanzi al loro centro, i raggi calorifici. Ricevi i raggi del sole in uno specchio concavo. Se sai trovarvi il *foco* e vi metti un fiammifero, questo s'accenderà issofatto. Altra prova: Poni alla distanza di 4 M. circa due specchi concavi, di fronte.

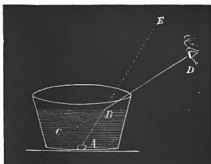
Nel foco dell'uno metti dei carboni accesi e nel foco dell'altro un pezzo di ghiaccio. Questo si liqueferà, benchè distante dai tizzi. Cotali specchi si dicono *ustori*, perchè con essi si può anche abbruciare un oggetto (1). Altra proprietà degli specchi concavi è pure di mandare i raggi di luce molto distante e paralleli, se nel foco di essi mettesi un lume. Perciò si usano dietro le lucerne sospese ai muri, ed anche a certe lampade di via, perchè illuminino maggiormente il luogo e a grande distanza. — Il *caleidoscopio* è un piccolo strumento che produce grata illusione ottica. Per farlo si prendono due lastrine di specchio larghe due dita e lunghe un sommesso, e una listerella uguale di cartoncino. Le tre parti dispongonsi in modo da formare un prisma triangolare, avvertendo che la luce degli specchi dev'essere interna. Un'estremità si chiude con due pezzi di vetro, ad una certa distanza. Fra essi si pongono pezzetti di vetro colorati, coralli artificiali e simili cose di colore. Avverti che il vetro esterno dev'essere smerigliato. L'altra estremità si chiuda sì che non resti che un piccolo foro. Il tutto si pone in un tubo come di cannocchiale. Guardando pel piccolo foro si vede... Chi saper lo vuole, se lo faccia, chè non è difficile. L'effetto è dovuto alle moltiplicate riflessioni dei due specchi.

79. **Immagini reali e virtuali.** Immagine virtuale si dice quella che non ha alcuna realtà e che non è che per forza di supposizione o piuttosto di illusione ottica. Così l'immagine degli specchi *piani* è *virtuale*, perchè è solo per una illusione dell'occhio che la ci appare dietro lo specchio. Anche negli specchi *convessi* l'immagine è sempre *virtuale*, dritta e più piccola del vero. Nei *concavi* altra è la bisogna. Una persona che si ponesse ad una certa distanza da uno specchio concavo, vedrebbevisi piccina piccina e capovolta. È un'*immagine reale*, chè non è un'illusione dell'occhio. (Difatti con un diaframma collocato dinanzi al *foco* si raccoglie assai bene l'immagine di un oggetto ben illuminato, verbigrazia di un campanile). Se la persona si avvicina allo specchio, l'immagine le corre incontro. Quando quella è giunta nel foco, tutte e due si confondono insieme. Avvicinandosi ancor più, l'immagine si raddrizza e s'ingrandisce assai passando di là dallo specchio. Ecco l'*immagine virtuale*. (Con un lume acceso si può esperimentare molto bene).

80. **Rifrazione.** — Metti una moneta A in fondo di una catinella (fig. 38); pônti coll'occhio in D per modo che tu più non veda la moneta. Sta fermo al tuo posto, mentre con una mano versi acqua nella catinella. Oh meraviglia! quando l'acqua si innalza

(1) Si narra che Archimede, con ispecchi concavi, incendiasse le navi romane dinanzi a Siracusa. Il celebre naturalista Buffon con 128 specchi piani, disposti in maniera da radunare in un punto solo i raggi solari, accese il legno alla distanza di 68 M. e liquefece l'argento a M. 16.

nella catinella, tu cominci a vedere la moneta. Anzi ti pare che il fondo della catinella si sia sollevato. Ecco la spiegazione di questo fenomeno. Finchè il vaso era vuoto, la moneta non si vedeva a cagione dell' orlo di essa catinella. Il raggio A non poteva giungere diritto in D. L'occhio si doveva collocare più in alto per veder la moneta, perchè il raggio di luce riflesso di essa moneta andava diritto fino in E. Invece quando nella catinella c'è acqua, il raggio stesso in B, alla superficie dell'acqua, si piega verso D dove è l'occhio. Perciò la moneta è veduta. Ma non la vedi in A; bensì parti di vederla in linea retta verso C. Perciò sembra che il fondo della catinella colla moneta si sia tanto o quanto sollevato.

Fig. 39.

Questo fenomeno si dice di *rifrazione*, perchè *rifrangere* vuol dire *piegare*, *spezzare*. Di fatti il raggio di luce si *piega* (si spezza, si *rifrange)*, quando passa dall'acqua nell'aria.

81. Succede sempre *rifrazione* quando la luce passa obbliquamente da un corpo meno denso in altro più denso, e viceversa. Per esempio, la luce si rifrange se passa dall' acqua nell' aria o dall' aria nell' acqua, o dall'aria nel vetro, o dal vetro nell'aria, ovvero da un strato d'aria più denso in altro meno denso e viceversa. — Per effetto della rifrazione, un corpo immerso in un mezzo più denso dell' aria, pare più vicino alla superficie di questo mezzo più denso; al contrario, se il corpo è immerso in un mezzo meno denso dell' aria, esso appare più lontano dalla superficie di tale mezzo.

Per effetto della rifrazione il remo del barcajuolo appare spezzato nell'acqua. — Un legno si vede piegato, se si mette obbliquamente nell'acqua. — Un fiume, un lago di acqua limpida pare meno profondo del vero; ecc. — I pesci appajono più vicini alla superficie che non sieno. — Noi vediamo il sole primachè s'innalzi realmente sull'orizzonte. Vediamo il sole ancora per qualche tempo al tramonto, benchè esso realmente sia già sotto l'orizzonte.

82. **Lenti.** — Se pongo un oggetto incollato dietro di una bottiglia piena d'acqua, vedrò quell'oggetto ingrandito. Ciò è l'effetto della rifrazione (fig. 39). La freccia AB sia l'oggetto messo dietro la bottiglia. I raggi di questo oggetto, AC e BD, quando hanno attraversata l'acqua, si rifrangono verso G. Qui il mio occhio vede l'oggetto in linea retta tra E e F; cioè, io vedo la punta della freccia come fosse in E, e vedo la cocca o penna della stessa come fosse in F; ma più vicino per la ragione detta (81). Perciò vedo più grande la freccia.

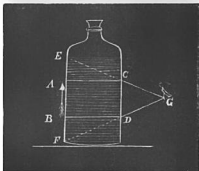



Fig. 39.

L'oggetto poi è assai più ingrandito ai lati perchè la rifrazione è favorita dalla convessità delle pareti della bottiglia. — Gli è per questo motivo stesso che i pesci nell'acqua appajono più grossi del vero.

83. Un vetro di superficie convessa da una o da due parti (fig. 40, A, B, C) produce lo stesso effetto di ingrandire le cose e avvicinarle. — Invece un vetro concavo da una o due parti (fig. 40, D, E, F) impicciolisce le cose facendole parer lontane. La concavità o convessità di un vetro fa sì che i raggi degli oggetti l'attraversino obbliquamente e producasi la rifrazione.

Questi vetri di superficie concava o convessa si dicono *lenti.*

Le tre prime si dicono *convergenti*, perchè se i raggi di

luce le attraversano, esse li fan *convergere* in un punto che dicesi *foco*. Le altre si dicono *divergenti* per l'effetto contrario, cioè di far *divergere* i raggi.

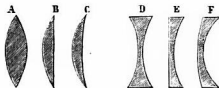



Fig. 40.

Se sopra una lente convessa si ricevono i raggi del sole, questi son radunati dall'altra parte della lente in un sol punto o *foco* dinanzi del centro giusto. Un pezzetto di cera messo in questo foco, sarebbe subito liquefatto; s'accenderebbe la polvere da schioppo e si potrebbe anche fare fondere il piombo, e simili cose. — La stessa proprietà può avere anche un pezzo di ghiaccio o altro corpo trasparente, purchè abbia forma lenticulare. Perciò si otterrebbe lo stesso effetto coll'acqua in un un vaso di vetro in forma di lente convessa.

La fig. 41 indica assai bene da sè in qual modo un oggetto

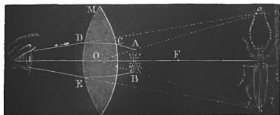



Fig. 41.

A B può per la rifrazione essere veduto assai ingrandito in a b.

Colle lenti si costruiscono gli strumenti *ottici*, come il microscopio, il cannocchiale, ecc.

84. **Microscopio** [1]. — Colle lenti convesse si fanno i *microscopi*. Questi sono strumenti che ingran-

(1) Fu inventato da Galileo nel 1620 e perfezionato dall'Amici, fisico pur italiano.

discono assai gli oggetti piccoli. Essi ingrandiscono un oggetto anche 1200 volte più del vero. Una gocciolina d'acqua corrotta si vede popolata da molti insetti (infusorii) di diverse forme, se quell'acqua si guarda col microscopio. I medici usano il microscopio per esaminare il sangue, l'orina, ecc. S'è potuto misurare il diametro di un globetto di sangue, che è di 1/125 di millimetro. — Con esatte macchinette si può lo spazio di un millimetro dividere ancora in mille parti uguali visibili solo mediante il microscopio (6 *c*).

Ottiensi un microscopio anche facendo con uno spillo un forellino in una carta asciutta, e sul forellino lasciando poi cadere una gocciola di acqua, attraverso la quale si guarda l'oggetto. — Il *microscopio semplice* è formato d'una sola lente, il *composto* di due e più e dà maggior ingrandimento assai fino a 1800 volte. Ma per la chiarezza basta 600, chè dà già 360,000 volte di superficie. — Serve il microscopio a conoscere le frodi della farina e d'altri alimenti. — La fig. 42 fa vedere un microscopio composto. A G E è un tubo piegato con un ⌝. A è una lente, H un'altra, P un prisma di vetro, E è l'obbiettivo

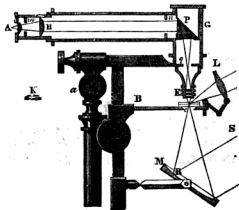



Fig. 42.

composto di due o tre lenti convesse accoppiate a due a due come mostra K. L'oggetto da osservarsi si colloca sul portoggetti *c*, che son due lastre di vetro. M R è uno specchio che riceve i raggi S del sole e li riflette sull'oggetto *c*. L è una

lente convessa pur destinata a concentrare la luce sull'oggetto e così più e più illuminarlo. Guardando per A nel tubo, l'oggetto si vede nella direzione di P enormemente ingrandito, sì ch' una pulce pare un granchio.

85. **Occhiali** [1]. — I vecchi, per lo più, vedono assai bene le cose lontane, mentre vedono molto confusamente le cose vicine. Questo difetto di vista si chiama *presbitiopìa* ed è prodotto dalla poca convessità della cornea e del cristallino dell'occhio, per insufficenza di umori. Ad esso si rimedia con occhiali di lenti convesse che ingrandiscono gli oggetti e li fanno vedere più distinti. Gli è un vero microscopio semplice.

Alcuni invece, massime i giovani, vedono bene gli oggetti vicini e male i lontani. Il costoro difetto si dice *miopìa*, ed è prodotto dalla troppa convessità della cornea o del cristallino dell'occhio, per sovrabbondanza di umori. Vi si rimedia con lenti concave, che fan vedere chiaramente anche le cose lontane (90).

86. **Cannocchiali.** — Con lenti convesse e cancave si fanno i *cannocchiali* o *telescopi* [2]. Questi fan parer vicine le cose molto lontane, ingrandendole di molto. — Il cannocchiale più semplice, che è detto di *Galileo* (ed è quello da teatro), è formato di una lente biconvessa *(oggettivo)* e di una biconcava *(oculare)*.

Vi sono telescopi che ingrandiscono le stelle fino a 6000 volte! Ma il troppo ingrandimento è, pur troppo, sempre a danno della chiarezza.

87. **Lanterna magica.** La *lanterna magica* (fig. 43) è composta di un tubo con due lenti.

Una di queste C è biconvessa (cioè convessa da ambo le parti) e l'altra B è piano-convessa. Cotal tubo è adattato ad una lanterna di latta. In questa è un lumicino acceso A, ove avvi pure uno specchio concavo per lo più metallico che fa da riflettore. Tra le due

(1) Furono inventati o da Alessandro Spina, monaco pisano, nel 1299, o da Salvino degli Armati, fiorentino, morto nel 1317.

(2) Il telescopio fu immaginato e fatto da Galileo Galilei verso il 1609: con esso il valentuomo scoprì i quattro satelliti di Giove, le montagne nella luna e le macchie del sole. — Ma fin dal 1538 il veneziano Fracastoro e dal 1590 il napolitano G. B. Porta conobbero che due lenti fan vedere gli oggetti *più ingranditi, distinti e più vicini.*

lenti C e B si fa passare una lastra di vetro V, dipinta con figurine trasparenti. Se si è in una camera oscura, si vede sul muro un gran disco illuminato, nel quale appajono le figurine della lastra V assai ingrandite, come se fossero dipinte sul muro stesso. — Nelle lanterne magiche usuali non ci ha che due lenti convesse poste a qualche distanza davanti alla lastra di vetro. Ma l'effetto è assai minore.

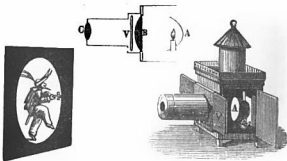



Fig. 43.

Simile alla lanterna magica è il *microscopio solare*. Solo che invece del lume, è il sole che illumina l'oggetto posto sulla lastra V. Però un animaletto appiccicatovi sopra, vedrebbesi enormemente ingrandito sul muro o sopra altra superficie bianca, in un luogo oscuro. Un microscopio solare può ingrandire un oggetto milioni di volte più del vero (1). — La fantasmagoria non è che una variazione della lanterna magica. Con essa un oggetto compare prima piccolo e si ingrandisce a poco a poco si che par davvero si avvicini. Il che si ottiene col variare la distanza fra la lente e la lastra, tra la lente e la superficie che riceve l'immagine. — Della fantasmagoria si abusò nell'antichità fingendo apparizioni di spettri.

88. **Camera oscura.** — In una camera oscura si faccia entrare la luce solo per un piccolo foro dell'imposta, e la si riceva sopra un asse o un foglio di carta o altra superficie bianca. Se allora, di fuori

(1) Invece del sole, talora l'oggetto s'illumina colla luce elettrica (108) e allora l'istrumento è detto *microscopio foto-elettrico*. Un capello appare grosso più del manico della granata, una pulce come un montone e i così detti *chignons* appajono formicolare di un popolo immenso, invisibile all'occhio, di infusorii.

della camera, dinanzi al foro, passeggiasse un uomo al sole e ad una certa distanza, si vedrebbe un ometto capovolto passeggiare lì sull'asse o foglio di carta illuminato. Così vi si vedono gli altri oggetti esterni, ma capovolti. — Tale è la *camera oscura* (1). Essa può farsi anche con una cassetta tutta chiusa che abbia un solo forellino in una parte (fig. 44).

Nella camera oscura gli oggetti si vedono assai impiccioliti. Inoltre essi sono capovolti, perchè i loro raggi di luce nell'attraversare il foro si incrociano.

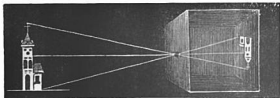



Fig. 44.

Perciò la parte superiore si vede in basso e la parte inferiore vedesi in alto. Si osservi nella figura 44 la direzione de' raggi di un campanile.

89. **Camera oscura perfezionata.** — Essa è una cassetta (fig. 45), che si può allungare e accorciare secondo il

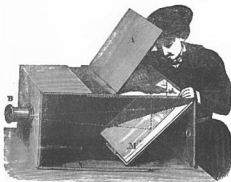



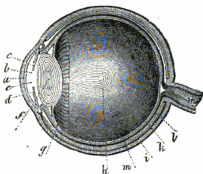
Fig. 45.

(1) La camera oscura fu inventata e perfezionata dal napolitano Giovanni Battista Porta, fisico, nel 1560. Lo stesso Porta trovò il modo di fissare momentaneamente le immagini degli oggetti sopra alcune sostanze, cioè primo concepì l'idea della fotografia, di cui si parlerà or ora.

bisogno. Invece del semplice foro, in B, è incastrata una lente convessa. Gli oggetti esterni restano dipinti capovolti e in piccolo sopra uno specchio inclinato M. Ma questo rimanda l'immagine degli oggetti sopra un vetro smerigliato N, che copre l'apertura che si vede. Quindi ivi, sul vetro smerigliato, si vedono gli oggetti belli e dipinti e diritti come se fosse un quadretto. — Se si mette sul vetro una carta fine, si possono copiare assai bene.

90. **L'occhio** è una piccola perfettissima *camera oscura*, sul cui fondo (retina) disegnansi gli oggetti esterni capovolti. I raggi riflessi dagli oggetti entrano pel foro anteriore che è la *pupilla* e attraversano una massa trasparente detta *cristallino*. Dopo questo il resto dell'occhio fino al fondo è riempiuto di una materia gelatinosa e diafana, simile all'albume d'uovo, che dicesi *umor vitreo*. Il *cristallino* dinanzi è una vera lente convessa, formata di umori, la quale raccoglie (converge) i raggi luminosi sulla retina, membrana molle e biancastra formata dallo sparpagliamento del nervo ottico, che viene dal cervello, e al cervello trasmette la sensazione del vedere. Nei *miopi* (85) il cristallino è lente troppo convessa; quindi troppo rifrangente, formerà l'imagine distinta di qua dalla retina; nei *presbiti* è lente pochissimo convessa e pochissimo rifrangente; perchè l'imagine distinta si formerà di là della retina. Quindi il bisogno di correggere le due lenti naturali con due lenti artificiali opposte, siccome fu detto.

Fig. 46.

La figura 46 mostra l'interno dell'occhio, di cui dirò solo le parti principali: *a* una membrana trasparente detta cornea, *b* e la pupilla, *d* l'iride (lo spazio dove la cornea e l'acido è riempiuto dell'*umor acqueo)*, *f* il cristallino, *h* l'umor vitreo, *n* il nervo ottico; *i* è l'involucro esterno dell'occhio, detto la *sclerotica*, nella cui parte anteriore è incastrata la cornea quasi il vetro d'un orologio.

91. **Fotografia** (1). — La camera oscura si adopera oggidì per fare ritratti, copiare vedute, ecc. in un momento, coll'arte detta *fotografia*. — Allora la camera oscura è fatta un po' diversa da quella testè descritta (fig. 47). È pure una cassetta di-

(1) La parola *fotografia* è greca, e vuol dire *disegno colla luce*.

visa in due parti, C B, per allungarsi a piacere. Ma il vetro smerigliato E trovasi dirimpetto al foro, entro un telajetto che si può levare. Non ha di dentro lo specchio inclinato. Al foro, invece di una lente sola, v'è un tubo A con quattro lenti, il quale si dice *obbiettivo*. Esso si allunga e si accorcia per mezzo della vite D. Le lenti poi sono disposte a due a due come nella fig. 48 A e B. — L'obbiettivo, come la cassetta, si allunga o accorcia finchè si veda sul vetro smerigliato l'immagine distinta e bella dell'oggetto che vuolsi ritrarre e che è fermo dinanzi all'obbiettivo.

Fig. 47.

L'azotato o nitrato di argento è una sostanza bianca, se si conserva ben bene all'oscuro. Ma se, unito al sal marino o ad un joduro, si espone alla luce, annerisce. Su questa proprietà dell'azotato di argento fondasi la maravigliosa arte di rendere pittrice la luce (il che sarà diffusamente descritto nella *Chimica* 132).

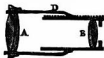
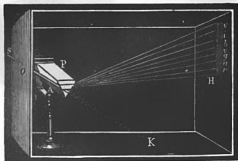



Fig. 48.

92. **Spettro solare.** — Chiudo oscuro la mia stanza e faccio un foro nell'imposta d'una finestra, pel quale entri appena un raggio di sole. Dinanzi al foro colloco un prisma triangolare P (fig. 49) di cristallo che riceve su un lato il raggio di sole S. Se non ci fosse il prisma, il raggio, entrando pel foro *o*, percorrerebbe diritto diritto fino in K sul suolo. Ma perchè il raggio incontra il prisma, esso si rifrange deviando verso H. Ma non solo si rifrange, ma si divide o *decompone* in sette parti o colori, e forma sulla parete H una lunga striscia di sette colori: *violetto, indaco, azzurro, verde, giallo, aranciato* e *rosso*. Questo è lo *spettro solare*.

È per effetto di rifrazione o decomposizione e riflessione insieme, che i diamanti brillano di bei colori, perchè le faccette di essi formano tra di loro come molti piccoli prismi. Lo stesso succede talora nei pezzi di vetro, nelle gocciole della rugiada,

nelle piccole onde del lago, quando il sole del mattino o della sera le dardeggia. Lo stesso dicasi dei colori che presenta l'arcobaleno (128), una cascata d'acqua, le bolle di sapone e i getti delle fontane illuminate dal sole, ecc.

Fig. 49.

93. **Luce bianca.** — Un raggio di luce bianca si divide in sette colori nello *spettro solare*; dunque la luce bianca è composta di sette colori [1]. Anche col seguente esperimento si prova che la luce bianca (colore bianco) è composta di sette colori. Si prende un disco di cartoncino bianco di circa M. 0,35 di diametro (fig. 50). Questo disco si divide in cinque parti uguali; ognuna di queste parti si colora a liste coi sette colori dello *spettro solare*. Se allora si fa girare rapidamente il disco (fig. 51), questo apparirà bianco o almeno biancastro. La ragione si è che, col girare del disco, l'occhio non può fissare i colori ad uno ad uno. Invece li vediamo tutti insieme. Ma tutti insieme ci fan vedere bianco; dunque l'insieme dei sette colori forma il bianco.

Un'altra prova è di ricevere tutto lo spettro sopra una lente biconvessa alquanto grande. La lente concentrerà dietro, nel *foco*, tutti e sette i raggi in un punto solo. Questo punto apparirà come una macchia bianca. Dunque la ricomposizione dei sette raggi colorati dà il bianco. — Terza prova: Ricevansi i sette raggi dello spettro in uno specchio concavo. I raggi si concentreranno dinanzi in un punto, nel *foco;* se con una cartolina o un vetro smerigliato si cerca questo punto, v'appa-

[1] Scoperta di Newton (V. *Cenno storico*).

rirà una macchia bianca. — Quarta prova: Ogni colore si riceva in uno specchietto proprio, e tutti e sette li specchi si inchinino sì da riflettere tutti i lor colori in un punto solo. I sette colori sovrapposti dànno una macchia di luce bianca.

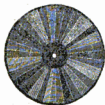
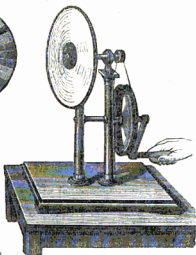



Fig. 50. Fig. 51.

94. **Colori.** — I colori semplici non sono che i sette dello spettro solare, cioè: *rosso, aranciato, giallo, verde, azzurro, indaco, violetto* [1]. — Gli altri colori non sono che una mescolanza di alcuni di questi sette. Per esempio, se si mescola il rosso con il verde, si ha un altro colore particolare.

95. I corpi non hanno nessun colore proprio. Essi ricevono i loro colori dalla luce. Difatti una luce gialla ci fa vedere le cose come gialle. Una luce turchina ci fa parer turchini gli oggetti. — Ma perchè colla luce bianca (solare, ecc.) si vedono gli oggetti di vari e bellissimi colori dipinti? Ecco la ragione. Alcune sostanze assorbono certi colori della luce bianca e ne

(1) Alcuni dicono che solo tre sono i colori semplici o elementari, cioè il *rosso*, il *giallo* e il *turchino* o *azzurro*. Gli altri sarebbero colori composti. Così il verde è composto del giallo e del turchino; l'aranciato del rosso e del giallo, ecc.

riflettono certi altri; e noi vediamo il corpo dipinto di quel colore che esso riflette. Per es., io vedo quella tenda di color verde, perchè quella tenda riflette il verde; invece assorbe tutti gli altri sei colori. Così vedo il corallo rosso, perchè la sostanza del corallo riflette solo il color rosso. Vedo bianca la neve, perchè la neve riflette tutti i colori dello spettro. Invece vedo nero il carbone, perchè questo non riflette nessun colore, ma li assorbe tutti. Perciò si dice che il color nero è nessun colore, ossia *il nero è la mancanza di colore.*

Per questa ragione un buco da lungi pare un segno nero. — Noi in un libro non vediamo le lettere impresse coll'inchiostro, ma solo il bianco della carta intorno ad esse lettere. — Similmente le ombre sono di color nero, poichè non sono esse che privazione di luce.

Non sempre i corpi riflettono un solo colore. Alcuni corpi ne riflettono due o più insieme. Alcuni riflettono più un colore e meno un altro. I sette colori dello spettro solare si possono unire in 119 combinazioni diverse. Unendoli a due a due danno 21 combinazioni; a tre a tre ne forniscono 35: a quattro a quattro ancor 35; a cinque a cinque 21; a sei a sei 7 combinazioni. Qui non sono contate le combinazioni in diversa quantità di ciascun colore, le quali sarebbero innumerevoli. Da ciò nasce la indefinita varietà delle tinte negli oggetti. Così i colori del caffè, del vino, della cenere, del legno, della terra ecc., sono un miscuglio di alcuni dei sette colori primitivi (1).

Le proprietà luminose, calorifiche e chimiche variano nei diversi colori. La maggior facoltà illuminante si trova nel mezzo cioè nel verde e nel giallo. Perciò un libro si leggerà meglio e più lontano se è illuminato da luce gialla che se da rossa o violetta. — L'azione calorifica è maggiore nel rosso (62) ed anche un poco più in là, dove non c'è sensazione di luce. — L'azione chimica della luce atta ad alterare certi colori e certe sostanze (per es. il cloruro d'argento) si trova massima nel violetto e un poco più in là. — Dunque, al rosso il calore, al giallo il poter rischiarante, al violetto l'azione chimica.

(1) Non inutile è la conoscenza del significato simbolico attribuito ai colori. Goethe diceva che: « Nel *rosso* è il *cercare* e il *desiderare*: nel *giallo* è il *trovare* e il *riconoscere*, nel *bianco* è il *possedere* e il *godere*; nel *verde* è lo *sperare* e l'*aspettare*; nell'*azzurro* l'*osservare* e *pensare*; nel *nero* è il *dimenticare* e il *privarsi*. » Quindi nei simpatici tricolori della nostra bandiera l'Italia compendia la storia della sua libertà e indipendenza, cui *desiderò cercando — sperò aspettando —* ora *gode possedendo!*

CAPO VIII

Del Magnetismo.

96. Calamite. — Si dice *magnete* o *calamita* un corpo che ha la proprietà di attrarre a sè il ferro e altri metalli, quali il nichel, il cobalto e il cromo.

La *calamita naturale* è un ossido di ferro, ossia è un minerale composto di ferro e di ossigeno [1]. Esso trovasi nel seno della terra, principalmente nella Svezia, nella Norvegia e nelle Indie Orientali.

Si fanno anche *calamite artificiali* [2]. Se si strofina una calamita sopra un ago, questo diventa una *calamita artificiale.* Difatti quest'ago attirerà anche esso altri aghi. — Se sopra una forte calamita strofino più volte una spranghetta di ferro ,questa pure si magnetizza, cioè diventa una *calamita artificiale*. Ma bisogna strofinare la spranghetta sempre nello stesso senso, come si fa spazzolando il panno. — La spranga calamitata (magnetizzata) può servire per fare altre *calamite artificiali.* — Il ferro si magnetizza più presto: ma l' acciajo mantiene più a lungo la magnetizzazione. — Alle calamite si dà per lo più forma di ferro di cavallo. Si vuol sempre che le calamite tengano un pezzo di ferro che dicesi *armatura*. Così conservano il lor potere a lungo (fig. 52).

Fig. 52.

(1) Vedi la *Chimica*.
(2) L' invenzione delle calamite artificiali s' attribuisce al romano Simone Venini, 1776.

97. **Bussola** [3]. — Se sospendo orizzontalmente ad un sottil filo di seta un ago magnetizzato, questo si ferma sempre con una estremità rivolta verso settentrione. Lo stesso avviene se si colloca l'ago mobile sopra un pernio. Così si forma la *bussola*. Essa è un ago magnetico mobile su di un pernietto dentro una scattola (fig. 53). Se si muove la scattola, l'ago oscilla un poco e poi si ferma sempre con una sua punta verso settentrione N.

Fig. 53.

La bussola è di grande utilità nella navigazione.— Supponiamo di viaggiar sul mare in una notte tempestosa. Il cielo è oscuro oscuro. I venti ti aggirano la nave di qua e di là. Tu non sai più dove andare per andar bene. Guarda la bussola. La punta del suo ago è sempre vòlta verso il nord. Tu devi andare (supponiamo) verso l'est. Perciò volgi la prora della tua nave a destra della punta dell'ago magnetico e ad angolo retto con esso. Così sei certo di camminar bene. — Gli antichi, che non conoscevano la bussola, guardavano le stelle, il sole, ecc. Cogli astri essi dirigevano i loro viaggi. Ma quando era notte senza stelle, essi restavano senza direzione. Perciò incontravano molti pericoli, come è facile pensare.

Fig. 54.

La bussola si usa anche per viaggiare in luoghi deserti, sconosciuti, nelle grandi foreste, dentro i sotterranei, ecc. Serve agli ingegneri e ai geometri per prendere la pianta di un luogo, fare le carte topografiche, ecc.

(3) La *bussola* fu inventata o almeno applicata da Flavio Gioja di Amalfi verso l'anno 1300.

98. **Poli.** — Le punte dell' ago magnetico son dette *poli.* — Il polo che sempre si volge verso il settentrione, dicesi *polo boreale.* L'altro che guarda sempre a mezzogiorno, è chiamato *polo australe.*

Se avvicino il *polo boreale* A (fig. 54) d'un ago magnetico al *oplo boreale a* di un altro ago magnetico sospeso,essi si respingono. Invece se approssimo il *polo boreale* A al *polo australe b,* i due poli si attraggono. Perciò si dice: *I poli dello stesso nome si respingono e i poli di nome contrario si attraggono.*
Si crede che la terra sia un gran magnete.
Perciò i suoi poli sarebbero in senso contrario di quelli dell'ago magnetico.
A spiegazione de' fenomeni magnetici, si ammette l'ipotesi di due *fluidi.*

CAPO IX

Dell' Elettricità.

99. **Elettricità.** — Strofinate sulla lana un pezzetto di ambra gialla. Poichè l'avete ben bene strofinata, avvicinatela a un pezzetto di carta senza toccarla. Allora l'ambra attira a sè quel pezzettino, come la calamita attira il ferro. Ma poi subito lo respinge lontano. — La forza che produce nell' ambra il fenomeno di attirare e poi respingere i corpi leggeri, si dice *elettricità*, dal nome dell' ambra stessa che in greco si chiama *electron* (1).

Si suppone che l'*elettricità* sia un fluido sottile e imponderabile (o forse è tutt'uno colla luce e col calore e nient'altro che un diverso modo di vibrazione dell'etere e delle molecole

(1) Cotale proprietà dell'ambra era nota 600 anni prima dell'êra volgare.

dei corpi). Esso si trova in tutti i corpi. Si manifesta non solo con attrazioni e ripulsioni, ma ancora con luce, con iscosse, con calore, ecc.

100. **Specie di elettricità.** — Il vetro, la ceralacca, la resina, la gutta-perka, lo zolfo, la seta, ecc., se si strofinano con un pezzo di panno, si elettrizzano anch'essi come l'ambra. — Ebbene sospendiamo per un filo di seta una piccola palla di midollo di sambuco a un sostegno con base di vetro (fig. 55).

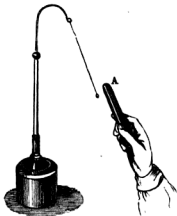



Fig. 55. Fig. 56.

Questo strumento è detto *pendolino elettrico*. Se avviciniamo alla pallottolina di esso un bastoncino di vetro A bene strofinato, la pallottolina è attratta dal vetro. Ma poi subito è respinta. Se ad essa si avvicinassero altri bastoncini di vetro strofinati, essa sarebbe allora sempre respinta (fig. 56). Ma se invece si avvicina alla pallottola un bastoncello di ceralacca o resina elettrizzata (strofinato), la pallottola è attratta di nuovo. Poi subito n'è respinta. Adesso però la pallottola viene attratta dai bastoncelli di vetro, ma non

più dalla resina. — Dunque: *un corpo che è respinto dall' elettricità del vetro, è attratto dall' elettricità della resina.* Viceversa: *un corpo respinto dall' elettricità della resina, è attratto da quella del vetro.*

Quindi si supposero due specie di elettricità. Una è detta *elettricità vitrea* o *positiva*, ed è quella del vetro strofinato. L'altra è chiamata *elettricità resinosa* o *negativa*, che è quella della resina o ceralacca strofinata. La prima elettricità è detta anche *fluido positivo*, e l'altra *fluido negativo*.

101. **Fluidi elettrici.** — Questi due fluidi si trovano in tutti i corpi in eguale quantità [1]. Se due corpi si strofinano insieme, i due fluidi si separano. Un fluido di un corpo passa nell'altro. Perciò in quel corpo resta un solo fluido. Allora esso corpo appare elettrizzato. Per esempio, strofino un pezzo di vetro col panno. In quell' azione i fluidi elettrici del vetro si dividono. Il fluido *negativo* passa nel panno e nella mano e si disperde. Invece il fluido *positivo* resta nel vetro. Perciò questo appare elettrizzato *positivamente*.

Il vetro così elettrizzato attrae dapprima il pendolino elettrico, perchè attrae il poco fluido negativo di esso pendolino. In vece gli dà del fluido positivo. Perciò anche il pendolino resta elettrizzato positivamente. Ma allora esso è respinto dal vetro. — Da ciò si deduce:
1.° *I fluidi elettrici di nome contrario si attraggono.*
2.° *I fluidi elettrici di nome uguale si respingono.*

102. **Conduttori dell' elettricità.** — Vi sono alcuni corpi *buoni conduttori* e altri *cattivi conduttori* dell'elettricità. Si dicono *buoni conduttori* quelli che trasmettono prontamente l' elettricità da un punto all' altro della loro superficie. Si dicono *cattivi conduttori* o *isolatori* o *coibenti* i corpi che ritengono in sè l'elettricità. — Se io strofino un pezzo di vetro, esso si elettrizza. Il vetro ritiene l' elettricità, perchè è *coibente*. — Se invece strofino un pezzo di metallo, esso non si elettrizza. L'elettricità del metallo si trasmette prestissimamente da parte a parte, passa nella

(1) L'esistenza di questi due fluidi è solo un'ipotesi (supposizione) per ispiegare i fenomeni elettrici. V'ha l'ipotesi che ammette un fluido solo; ma non si presta con uguale facilità popolare alla spiegazione dei fenomeni.

mano e si disperde. Perciò per elettrizzare un metallo o altro buon conduttore, lo si deve isolare. Per isolare gli si mette un manico isolatore, ossia di materia coibente, per esempio, di vetro. Allora l'elettricità resta nel metallo, perchè a cagione del manico di vetro essa non può trasmettersi nella mano e disperdersi.

Buoni conduttori sono i metalli, la piombaggine, l'arso, il carbone di legna ben riscaldato, la fiamma, il fumo, l'acqua salata, il vapore acqueo, il lino, il cotone, il corpo dell'uomo e degli animali, i vegetali, la terra e i corpi umidi.

Cattivi conduttori sono l'ambra, lo zolfo, la resina, la ceralacca, la guttaperka, le gomme, la seta, il cristallo di rocca, le pietre preziose, lo zuccaro, la cenere, gli olii, la porcellana, la majolica, le piume, i peli degli animali, la lana, l'aria asciutta, il ghiaccio, ecc.

103. **Elettroforo** [1]. — Per accumulare molta elettricità, si adopera l'*elettroforo* (fig. 57 e 58). Esso

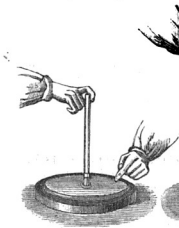
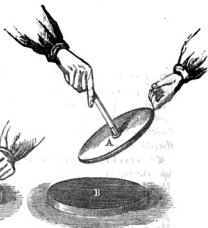



Fig. 57. Fig. 58.

è un disco ossia una stiacciata B di resina sopra un piatto o disco di legno. Un altro disco di legno è A (fig. 58), il quale è ricoperto di una foglia di stagnuola ed ha un manico coibente di vetro. — Si batte il disco

(1) Fu inventato da Alessandro Volta di Como.

di resina con una pelle di gatto e poi vi si sovrappone il disco col manico (fig. 57). La resina attrae l'elettricità positiva di questo disco sulla superficie inferiore. Col dito si tocca la foglia di stagnuola e se ne porta via così l'elettricità negativa. Dopo ciò, il disco si leva pel manico di vetro (fig. 58), ed allora esso resta carico di elettricità positiva. Però, se esso si tocca col dito, si veggono uscire vive scintille [1]. — Per fare questo esperimento bisogna che l'aria sia secca. Se l'aria è umida, questa conduce via l'elettricità e il disco non rimane elettrizzato. — Il disco di resina elettrizzato conserva l'elettricità per parecchi mesi, purchè si tenga in luogo di aria asciutta.

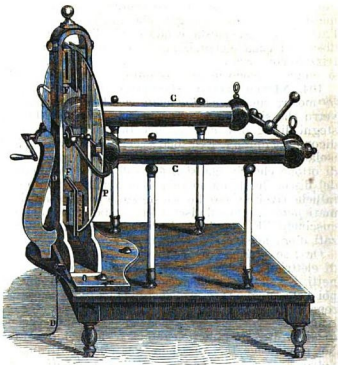
104. **Macchina elettrica** [2]. — La figura 59 mostra una *macchina elettrica.* P è un disco di vetro che si fa girare con una manovella fra due sostegni di legno. C e C son due tubi di ottone che si dicono *conduttori.* Essi sono sostenuti da quattro piedi isolatori di vetro e sono uniti a due altri piccoli tubi di ottone che ripiegansi a ferro di cavallo all'intorno del disco. Questi ultimi tubi sono muniti di punte metalliche rivolte verso il disco stesso, e perciò sono chiamati *pettini.* Infine il disco scorre rotando fra quattro cuscinetti FF *(strofinatori)* di cuoio o seta, spolverizzati d'oro musivo (deutosolfuro di stagno).

Ora, se si fa girare molto il disco, questo si carica di elettricità positiva per lo strofinamento fra i cuscinetti. La sua elettricità negativa passa nei cuscinetti, poi pel sostegno O, e si disperde nella terra per la catena D. I tubi di ottone si caricano anch'essi di elettricità positiva, perchè, per mezzo delle punte, cedono al disco di vetro la loro negativa. L'elettricità positiva poi rimane nei tubi, essendo isolati dai quattro piè di vetro. Epperciò si dice che *essi si caricano di elettricità positiva.*

Macchina elettrica colla carta. Si prendano due cilindri di legno girevoli ciascuno su due sostegni isolatori,

(1) Lo stesso effetto si ottiene usando invece una lastra di *cautsciù* ossia gomma elastica indurita, di cui servonsi i pettinai per far pettini.
(2) Ottone di Guericke, inventore della macchina pneumatica, inventò anche la prima macchina elettrica, la quale fu poi perfezionata da Ramsden a Londra, nel 1766.

posti parallelamente alla distanza di mezzo metro circa. I cilindri son coperti di lana e su di essi è tesa una lista di carta consistente della forma di un ⬭ o, come si dice, senza fine. Ad un cilindro c'è una manovella per farlo girare, nell'altro è un buco o foro pel lungo per introdurvi un ferro caldo. Facendo girar la manovella, gira pur la carta e l'altro cilindro. Perciò la carta fregandosi nel girare sulla lana si elettrizza e dà scintille.

Fig. 59.

105. **Esperienze colla macchina elettrica.** — Se, dopo aver fatto girare il disco, si accosta la mano ai tubi, ne scoccano vive scintille con iscoppietti e si sente una puntura nella mano. — Se una persona ponsi sopra uno sgabello con piedi di vetro, mentre tiene una mano sopra un tubo della macchina, allora, qualunque parte del corpo le si tocchi, ne esce

una scintilla. Se le si approssima una mano al capo, i suoi capelli si rizzano. Questo è l'esperimento dello *sgabello elettrico.*

Quadro fulminante (fig. 60). Questo quadro è fatto di una lastra di vetro, la quale è circondata da una cornice di legno.

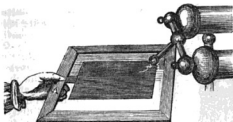



Fig. 60.

Sulle faccie del vetro sono applicate due foglie di stagnola, le quali però devono essere più piccole del vetro in modo che tra la foglia e la cornice corra uno spazio o margine di circa sei centimetri. Solo una piccola lista di stagno unisce una della foglie di stagno alla cornice, acciocchè si possa toccare (la lista) colla mano. L'altra foglia di stagno resta isolata, cioè non comunica colla cornice. Il quadro si presenta alla macchina elettrica colla foglia di stagno isolata, e si tiene colla mano come si vede dalla figura. Così la foglia si carica di elettricità positiva della macchina elettrica. Questa elettricità agisce attraverso la lastra di vetro sull'altra foglia. Perciò attrae su questa, per mezzo della mano che la tocca, molta elettricità negativa. Quando coll'altra mano si tocca la foglia isolata, le due elettricità si ricompongono (neutralizzano) subito, e la loro ricongiunzione repentina produce una forte scossa nelle braccia e nelle spalle.

Fig. 61.

Bottiglia di Leida (1) (fig. 61). La bottiglia di Leida, è una boccia di vetro sottile. L'interno di essa è riempiuto di foglie di stagnola o di oro falso. Una foglia di stagno B copre più di metà la boccia di fuori e il fondo. La boccia è turata con un tappo di sughero, in mezzo al quale c'è una asta d'ottone ad uncino, che finisce in un bottone A. Quest'asta deve toccare le foglie che son dentro la bottiglia.

(1) Fu scoperta per caso nel 1176 da Pietro Musschenbroech di Leida.

Per caricare di elettricità la bottiglia di Leida, la si prende con una mano nella parte della foglia di stagno. Poi s'avvicina il bottone A alla macchina elettrica. Succede ciò che nel *quadro fulminante*. Se difatti si tocca poi colla mano libera il bottone A, si sente una fortissima scossa. — Molte boccie di Leida unite insieme formano una *batteria elettrica* (fig. 62). Questa potrebbe colla sua scarica uccidere anche un bue. La scintilla di una gran batteria è angolosa come quella del fulmine. Anzi lo scoppio d'una forte batteria è come un colpo di pistola. Se la elettricità di tale batteria incontra un corpo cattivo conduttore, lo spezza in frantumi.

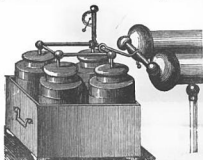



Fig. 62.

Scampanìo elettrico. Si appende orizzontalmente a un conduttore della macchina elettrica un'asta metallica. Ai due lati di questa si sospendono con filo metallico due campanelli. In mezzo a questi due si sospende un altro campanello, ma deve essere attaccato all'asta per un filo di seta (isolatore). Bada che questo campanello intermedio deve comunicare col suolo per mezzo di una catenella di metallo. Infine fra il campanello in mezzo e ciascun laterale si pongono due palle di ottone sospese all'asta per un filo di seta. Caricando la macchina, i campanelli ai lati si elettrizzano positivamente. Perciò attraggono le palle di ottone. Queste così percotendo contro quelli, fanno *tin*. Ma le palle, dopochè han ceduto il loro poco fluido negativo, son respinte dal campanello (101). Però essendo ora elettrizzati positivamente, vanno a percuotere nel campanello di mezzo e fanno pur *tin*. Subito poi, essendo smagnetizzate, sono di nuovo attratte dai campanelli laterali. Poi son di nuovo respinte. Così le due palle hanno un continuo movimento oscillatorio da un campanello all'altro. Il che produce un continuo tintinnìo.

Uovo elettrico (fig. 63). Si prende un globo di vetro sostenuto da un pie' d'ottone. In questo globo entrano due aste di ottone C e B, le quali sono terminate in due sfere o bottoni. L'asta superiore B scorre esattamente in un foro di cuojo. Essa può allontanarsi e avvicinarsi all'asta C, come si vuole. L'asta B si attacca per mezzo di un anello o di un gancio A ad una macchina elettrica. Se allora si avvicina la sfera dell'asta B alla sfera dell'asta C, si vede guizzare una scintilla. Ma colla macchina pneumatica, e per mezzo del mastio del piedestallo, si fa il vuoto nel globo di vetro e si allontanano poi a poco a poco le due sfere. Allora la scintilla s'ingrossa e prende la forma di un uovo di bellissima luce violacea.

Queste esperienze son fatte coll'elettricità positiva. Si può ottenere anche la elettricità negativa. Allora si isola la macchina sopra piè' di vetro o resina o zolfo, togliendo la catenella D. Questa si attacca invece ad un conduttore C che si fa communicare col suolo. Facendo ruotare, il vetro dà l'elettricità positiva ai conduttori, che si disperde nel suolo. I cuscini si caricano di elettricità negativa e principalmente le foglie di stagno O. Difatti, toccando queste, si prova una puntura più viva di quella dell'elettricità positiva.

Fig. 63.

106. **Pila Voltiana.** — Sopra un disco di rame si ponga un disco di zinco e di sopra a questo un disco di panno imbevuto d'acqua acidulata. Poi si metta ancora un disco di rame, uno di zinco e uno di panno, come prima; e collo stesso ordine si seguiti a sovrapporre dischi a dischi, finchè siasi fatta una colonnetta. Bisogna però in cima terminare con un disco di zinco. Questa è la *Pila voltiana* o *a colonna* [1] (fig. 64). — La estremità superiore Z di zinco della pila si dice *polo positivo*. L'estremità inferiore C di rame è detta *polo negativo*. A ciascun polo è attaccato un filo metallico che si chiama *elettrodo* o *reoforo*. Se si avvicinano i due reofori, si vede una scintilla continua tra loro, la quale è prodotta dall'elettricità che gira da un polo all'altro della pila. Cotale elettricità che gira, si dice *corrente elettrica*.

La elettricità della pila si attribuisce all'azione chimica dell'acqua acidulata sullo zinco.

107. **Pila di Bunsen** o **a carbone.** — Col tempo si è dato alla pila diverse forme. La più usitata è la *pila di Bunsen* [2] (fig. 65, P). Essa è

(1) Essa fu inventata da Alessandro Volta, professore a Pavia, nel principio di questo secolo.
(2) Bunsen è il nome dell'inventore.

composta di quattro pezzi cilindrici F, Z, V, C, i quali si mettono l'uno dentro l'altro, e sono: 1.° un vaso di majolica o vetro F, in cui si contiene acqua con un poco di acido solforico; 2.° un cilindro cavo Z di zinco, al quale è attaccata una sottile striscia di rame per reoforo; 3.° un vaso poroso V di terra cotta, nel quale è dell'acido azotico (acqua forte); 4.° un cilindro di carbone fossile C (appositamente preparato), cui fissata è una striscia di rame per reoforo. Questi pezzi si dispongono come mostra P. Così si ha una coppia della pila di Bunsen. Se si avvicinano i due reofori o poli *e* (polo *positivo*) ed *e'* (polo *negativo*), si ha una scintilluzza.

Fig. 64.

Per avere una pila di molta forza si uniscono insieme molte coppie (fig. 66). Bisogna unire con vite il polo positivo di una coppia col polo negativo di un'altra. Se allora si avvicinano i reofori A e B della prima e dell'ultima coppia, si ha una vivissima scintilla.

Altro modello di pila semplice è questo: In un vaso di vetro è una soluzione di bicromato di potassa, nella

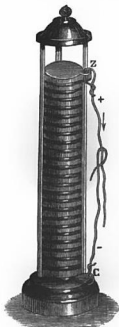
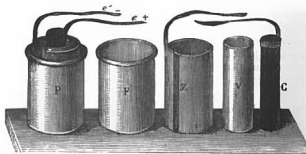



Fig. 65.

quale pesca un pezzo di carbone e un altro di zinco. — Un'altra pila ancor più comoda è composta di carbone in un tubo di zinco e divisi da un pezzo di panno. Per caricare la pila si spolverizza il panno con un po' di bisolfato di mercurio e poi si umetta. Allora si avvolge il panno al carbone in modo che

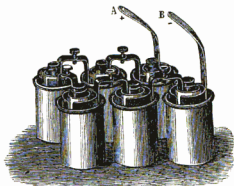



Fig. 66.

il bisolfato sia dalla parte del carbone. Tutto poi si mette nel tubo di zinco. I poli di queste pile sono gli stessi che quelli della sopradescritta alla Bunsen. — La elettricità delle pile è sempre dovuta all'azione chimica degli acidi sullo zinco (1).

Nota: Il polo negativo è nel disegno notato con —; e il positivo con +.

108. **Azione della pila.** — Se si prendono nell'una e nell'altra mano i reofori di una pila di 60 coppie di Bunsen, si sente una forte scossa come colla bottiglia di Leida. Ma la scossa della boccia di Leida è instantanea; invece quella della pila è continua, perchè continua è la corrente elettrica.

Per mezzo di essa corrente si fece muovere e contrarsi, come fosse vivo, il tronco di un uomo decapitato. La testa di esso mostrava orribili contrazioni. — Conigli asfissiati da mezz'ora si tornarono in vita colla corrente della pila. — Della corrente elettrica se ne fa anche un uso terapeutico; ma allora

(1) Trovo un'altra pila economica: un vaso poroso in uno grande di porcellana; nel primo si mette acido nitrico, nell'altro un latte di calce assai chiaro; in ciascuno una lamina di platino. Ecco una coppia. Nel vaso di calce si può mettere invece una lamina di ferro o rame o zinco e nell'acido una dorata o platinata. Se la mescolanza di calce è di 25 per 100, la pila può durare 24 ore senz'essere rinnovata.

per lo più si adoperano le macchine d'induzione (109) o le magneto-elettriche (114).

Se tra i reofori di una forte pila si pone un sottil filo metallico, questo si fonde issofatto. Si fonde anche il platino, che resiste ad ogni fuoco.

La pila elettrica, dopo il sole e il magnesio [1], dà la più

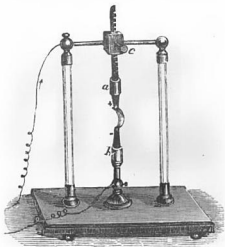



Fig. 67.

bella luce del mondo. — La figura 67 rappresenta l'apparecchio per avere la luce elettrica. Sono due carboni di arso appuntati *a* e *b*. Essi comunicano per mezzo di due fili metallici coi reofori di una pila. Le due colonnette ai lati sono di vetro per isolare le due parti dell'apparato. Colla vite *c* il carbone *a* si può avvicinare al carbone *b*. Se ora si avvicinano i due carboni. fra le due punte si forma un arco assai luminoso. Con una pila di 48 coppie si ha una luce che supera a gran lunga quella di 572 candele! Con 600 coppie si avrebbe tal luce da abbruciare in un istante la pelle del viso e abbacinare. — Dell'azione chimica della pila sull'acqua e sui sali metallici (galvanoplastica, indoratura e inargentatura), vedi il trattatello di Chimica (c. XVIII).

(1) Vedi *Chimica*, 66. La luce elettrica vale 3750 candele.

109. Corrente d'induzione. — Intorno ad un rocchetto di legno o cartone si avvolgono due fili di rame ricoperti di seta. Questi hanno talvolta più decametri di lunghezza e devono essere avvolti per molti giri. Inoltre uno è più grosso dell'altro, e questo più piccolo si avvolge pel primo intorno al rocchetto. I due capi di questo filo si fanno comunicare coi poli di una coppia di Bunsen o altra. Ai due capi dell'altro filo si attaccano due cilindretti di ottone per tenere in mano. Un ingegno interrompe con rapidità e con intermittenza la corrente elettrica. Allora questa, mentre passa pei fili intorno al rocchetto, acquista una grandissima potenza. Difatti, se si prende in ciascuna delle mani uno de' cilindri, si prova una scossa fortissima e continua. — Questa è la *corrente di induzione*, così detta perchè il secondo filo resta elettrizzato per influenza (induzione) dell'altro. — Su tale fatto si fanno di belle macchinette (elettro-voltiane), di gran forza, le quali servono anche ad uso medico.

110. Elettro-calamita. — Si avvolga un filo di rame coperto di seta intorno ad una spranga di ferro dolce, per lo più piegata ad U (fig. 68, A, B). I due capi del filo si fanno comunicare coi poli d'una coppia di pila. Se allora si avvicina a quella spranga un ferro, questo è attratto da quella come da una calamita. Dunque la corrente elettrica ha magnetizzato (96) quella spranga. Ma se la corrente cessa, anche la spranga cessa di essere magnetizzata. — Questa spranga che è magnetizzata col-

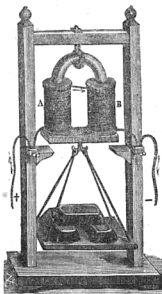



Fig. 68.

l'elettricità si dice un' *elettro-calamita* o *calamita temporaria*.

111. Telegrafo elettrico [1]. — Il *telegrafo elettrico* è fondato sopra una calamita temporaria. — Supponiamo che vi sia un telegrafo tra la mia camera e quella d'un mio amico nella casa di là della via. La mia stanza sia la stazione *mittente*, cioè che manda i dispacci, e la camera dell'amico sia la stazione *ricevente*, cioè che riceve i dispacci. — Nella mia camera c'è una pila di Bunsen o altra simile. V'è poi anche un apparato, con cui si può interrompere la corrente ad arbitrio. Questo apparato si chiama *manipolatore* (fig. 69). È composto di una leva metallica

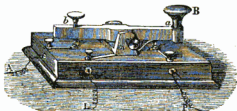



Fig. 69.

b a, sopra una tavoletta di legno. Il filo P comunica col polo positivo della mia pila [2]. Il filo metallico L esce dalla mia stanza per un buco nel muro o per la finestra. Esso attraversa la via (appoggiato a sostegni isolatori di vetro o porcellana) ed entra nella camera dell'amico mio. Qui il filo, coperto di seta, è avvolto intorno a una spranga di ferro dolce, la quale è ricurva come un U, ossia come un ferro di cavallo [3] (fig. 70, A). Sotto a questo v'è una leva di ferro B e

(1) Il telegrafo elettro-magnetico si deve a Luigi Magrini, fisico veneziano. Fin dal giugno 1837 egli costrusse un telegrafo elettro-magnetico e scrisse un libro su esso nel 1838. Solo nel gennajo del 1838 l'inglese Wheatstone fece esperimenti simili e n'ebbe la palma. Il M. nacque in Udine nel 1802 e morì in Firenze nel 1868. — Volta in una lettera del 1777, conservata in Brera e pubblicata dalla *Lombardia*, 19 febb. 1867, parla di trasmettere segnali coll'elettricità. — La parola *telegrafo* è greca e significa *scrivo (grafo) lontano (tele)*.

(2) Il *polo negativo* della pila si fa comunicare col suolo. La terra stessa serve a condurre l'elettricità, senza che il circuito sia interrotto.

(3) Il capo del filo, dopochè girò intorno al ferro di cavallo, comunica colla terra. Questa riconduce l'elettricità alla pila. Così il circuito è chiuso.

C. Ad un capo B di questa leva è fissata una punticina. Sotto vi è una lunga lista di carta D, la quale si fa scorrere sotto la punticina per mezzo di ruote E, una delle quali si fa girare con una manovella, come è facile a immaginarsi. — Ora rientriamo nella mia stanza. Io colla mano premo il pezzo B del manipolatore (fig. 69). Perciò il braccio *a* tocca il bottone metallico *x*. Così la corrente elettrica del filo P entra nella leva, passa per *m* e per il filo L s'avvia nella stanza del mio amico. Qui la corrente gira intorno al ferro di cavallo A (fig. 70) e lo fa diventare una *calamita temporaria*. Perciò questa attrae il braccio C della

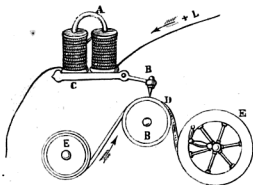



Fig. 70 (1).

leva sottostante. In conseguenza l'altro braccio B si abbassa, preme colla punticina sulla carta e vi forma un segno, cioè una lineetta o un punto. — Se io cesso di premere in B sul manipolatore, cessa subito anche la corrente, e il ferro di cavallo cessa subito anch'esso di essere magnetizzato. Quindi il braccio di leva C cade e si alza l'altro B, la cui punta non tocca più la carta.

Ora io premo sul B del manipolatore e levo poi subito la mano. Successe una corrente istantanea. Il ferro di cavallo si magnetizzò. Attrasse il braccio della

(1) Questo è solo un modello di telegrafo fatto per chiarezza di spiegazione. In pratica la leva è sopra la calamita temporaria (V. fig. 71).

leva C e poi lo lasciò issofatto. Così anche la punticina B premette un istante sulla carta D e subito poscia si alzò. Il perchè vi impresse un solo punto. — Adesso premo sul manipolatore in B e vi tengo la mano più a lungo. Anche il ferro di cavallo attrae per più lungo tempo la leva C, e la punticina B preme più a lungo sulla carta. Ma questa seguita a scorrere di sotto. Perciò la punticina vi traccia una lineetta. — Dunque per mezzo del manipolatore io posso tracciare *punti* e *lineette* sulla lista di carta nella camera del mio amico. E con *punti* e con *lineette* si è formato l'

ALFABETO TELEGRAFICO

A . —	O — — —	4 . . . . —
B — . . .	P . — — .	5 . . . . .
C — . — .	Q — — . —	6 — . . . .
D — . .	R . — .	7 — — . . .
E .	S . . .	8 — — — . .
F . . — .	T —	9 — — — — .
G — — .	U . . —	0 — — — — —
H	V . . . —	. . . .
I . .	Y — . — —	, . — . — . —
J . — — —	Z — — . .	; — . — . — .
L . — . .	1 . — — — —	: — — — . . .
M — —	2 . . — — —	? . . — — . .
N — .	3 . . . — —	! — — . . — — [1]

Tale è l'*alfabeto telegrafico* coi numeri e i segni di punteggiatura. Con questi segni io posso benissimo telegrafare (parlare o scrivere per telegrafo) al mio amico. Questi troverà tracciati punti e linee sopra la lista di carta. Ma egli sa che quei gruppi di punti e linee valgono lettere. Perciò può egli leggere bene, come se fosse scritto con lettere dell'alfabeto usuale (V. la Conclusione).

Così l'amico può comunicare per telegrafo con me. Supponendo che egli pure sia fornito di manipolatore e di pila elet-

(1) Per la corrispondenza straniera devesi aggiungere anche le seguenti lettere: Ä . — . — É . . — . . K — . — Ö — — — . Ü . . — — W . — — ch — — — —

trica, per lo stesso ed unico filo con cui io gli mandai il mio dispaccio, egli ne manda pure a me. Allora la corrente elettrica della sua pila viene nella mia camera pel filo L del mio manipolatore (fig. 69), passa in m, poi in b e pel filo A va a magnetizzare una calamita temporaria simile a quella della figura 70, che si trova nella mia camera. Però questa diviene allora stazione *ricevente*.

112. Supponiamo ora che la mia stanza sia Milano o Torino e la stanza dell'amico un'altra città. L'operazione è la stessa. Col telegrafo si può comunicare da un capo all'altro della terra.

Se non ci fossero le varie interruzioni nelle Stazioni, da Milano si potrebbe mandare una notizia fino al più lontano punto della terra in meno d'un minuto secondo. — La corrente elettrica in un minuto secondo può percorrere Cm. 260 mila e più!

113. La figura 71 fa vedere un telegrafo tale qual è. A è il filo che conduce la corrente dalla stazione che manda; B è la calamita temporaria; M n la leva; R un filo d'ottone a spirale [1] per trattenere dolcemente il braccio della leva; x è la punta che deve incidere la

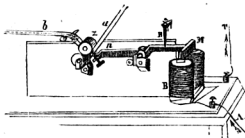



Fig. 71.

listarella di carta a b che gira fra due cilindretti Z, i quali a loro volta son messi in movimento da un ingegno d'orologio, che si move lemme lemme e regolare. — Questo è detto telegrafo di Morse [2] dal nome dell'inventore.

(1) Il lettore se l'immagini come può, chè l'incisore ha pensato bene di recidersela per sè. Il che valga d'altri riscontri che non trova.
(2) Samuele Morse, n. nel Massachusset alli 27 aprile nel 1791, è morto alli 3 agosto 1872.

Cotali sono i telegrafi che congiungono città a città, provincia a provincia, stato a stato, regione a regione. I fili de' telegrafi passano anche sotto il mare e riuniscono le isole ai continenti e le parti della terra tra loro, come il *telegrafo transatlantico*, recentemente costrutto, che congiunge l'Europa all'America. Così col telegrafo, per la rapidità di comunicazione, di molti popoli si è fatto un sol popolo, quasi una sola famiglia.

Molte specie di telegrafi si immaginarono. Fra essi giova ricordare, per pratica utilità, prima il telegrafo *a stampa*, per cui il dispaccio viene scritto a colonne come nella tipografia. Mirabile poi è il *pantelegrafo* inventato da Giovanni Caselli da Siena, col quale si può trasmettere telegraficamente la propria scrittura, un disegno e forse un ritratto. Dal 16 febb. 1865 il pantelegrafo fu attivato fra Parigi e Lione. Serve principalmente pei negozianti per mandare ordini di compera e vendita, in cui abbisogni la firma del mittente. Con questo telegrafo in 25 minuti si spediscono ben 500 parole autografe. — Più mirabile ancora è l'invenzione del Manzetti di Aosta, il quale trovò di far udire per telegrafo la viva voce, principalmente la musica, a grandi lontananze. Così due negozianti, l'uno a Boston e l'altro a Milano, si potrebbero parlare come fossero in piazza Mercanti a due spanne appena di distanza (V. il mio art. *Telegrafo parlante* nel giornale l'*Adolescenza*, 1865, 2 sett.). — Un'altra applicazione della corrente elettrica è quella degli *orologi elettrici*. Il pendolo di un solo orologio regolatore colle sue oscillazioni ristabilendo e interrompendo regolarmente la corrente elettrica, può per mezzo di un macchinismo speciale muovere con precisione le sfere di centinaja di orologi posti in diversi luoghi e a grandi distanze. A Parigi sui fanali delle vie sono di siffatti orologi che tutti segnano appuntino la stessa ora, perchè sono mossi da un solo orologio regolatore. Cotali orologi si usano anche alle stazioni delle strade ferrate.

Molto si studia per applicare l'elettro-calamita come elettromotore a muovere macchine invece del fuoco, dell'acqua, ecc. Ma finora, nulla di pratico, pel grande costo del mantenimento delle pile.

114. **Macchina magneto-elettriche** [1]. — Come le correnti elettriche svolgono magnetismo, così le calamite svolgono correnti elettriche. Dinanzi ai poli di una forte calamita si dispone un ferro dolce, foggiato coi fili come per l'elettro-calamita (110), in modo di potergli comunicare un moto di rotazione rapidissimo. Allora il ferro si magnetizza.

(1) La prima scoperta è di Fr. Zantedeschini prof. a Pavia nel 1829.

Con un ingegno si interrompe la magnetizzazione a tempo, e si ha correnti di induzione, come colle macchinette elettro-voltiane (109), e come da queste per l'appunto si hanno scintille, forti scosse, e servono per la galvanoplastica, per l'illuminazione elettrica ecc. Sonvi fari illuminati in questo modo, che è il più economico per avere correnti elettriche, senza pile, ma solo con un movimento di rotazione.

115. **Elettricità animale.** — Anche nei corpi degli animali vi sono delle correnti elettriche. Il Galvani le scoperse pel primo nelle rane. Alcuni pesci dànno fortissime scosse elettriche, quando sieno irritati. Così fa la *torpedine*, il *siluro* e il *gimnoto.* Questo può, colle sue scosse, atterrare un uomo ed anche un cavallo. Esso in tal modo uccide da lontano i pesci, di cui vuol cibarsi.

Non devesi confondere l'*elettricità animale* col così detto *magnetismo animale,* pel quale certuni pretendono di trasfondere un certo loro fluido magnetico in una persona, facendola cadere in un assopimento, per poi farsi dare ricette o anche indovinare cose occulte. Ciò è ancora una specialità del ciarlatanismo, inventata per darla a bere ai gonzi e scroccare.

APPENDICE

SULLE METEORE

116. **Meteore.** — *Meteore* son detti i fenomeni che si producono nell'atmosfera. Così i venti, la pioggia, la brina, il fulmine, ecc., sono meteore.

117. **Venti.** — Il *vento* è aria in moto. La causa di questo movimento dell'aria è il calore. — Quando nell'inverno si è chiusi in una stanza riscaldata dal fuoco, si sente entrare come un venticello dalle fessure inferiori delle imposte. Ciò succede, perchè l'aria della stanza è rarefatta molto pel calore. Perciò si solleva in alto per la sua leggerezza. Invece l'aria fuori della stanza è densa assai e pesante pel freddo. Quindi essa entra con forza per le fessure inferiori delle imposte ad occupare il luogo dell'aria calda nella stanza. Quest'aria in moto è il venticello che si sente. Invece l'aria calda della stanza esce per le fessure superiori. Ponendo di sopra e di sotto un lume, dalla direzione contraria della fiamma di esso si conoscono le due correnti d'aria opposta. Nello stesso modo succede il vento. Supponiamo che un sole cocentissimo scaldi molto il suolo della Lombardia. Invece nel vicino Piemonte faccia freddo. L'aria nella Lombardia si rarefà pel caldo e si solleva in alto per la sua leggerezza. Allora l'aria fredda e densa del Piemonte irrompe con forza nella Lombardia nel luogo lasciato quasi vuoto dall'aria calda. Ecco una corrente d'aria, ossia *vento*. Intanto nelle

parti superiori dell'atmosfera succede una corrente opposta, cioè dell'aria calda della Lombardia che si riversa nel Piemonte.

Grandi vantaggi arrecano i venti. Essi fan correre le navi sulle acque, gonfiandone le vele. — L'aria è spesso corrotta dalle cattive esalazioni (miasmi) della terra. Il vento rinnova l'aria e la purifica. — Esso fa girare le ruote a pale dei mulini a vento sulle cime dei monti. — Esso trasporta le nubi e la pioggia. — Nei caldi giorni estivi un lieve zeffiretto rinfresca e ravviva.

Ma i grandi venti recano anche gravi danni. Così l'*uragano* solleva alto le onde del mare e vi fa succedere la burrasca, e sul continente atterra gli edifizi. Il *turbine* contorce e sradica alberi. Rapisce seco i tegoli e i fumajuoli delle case, innalzando verso il cielo colonne di polvere. — Le *trombe* sono specie di turbini, prodotte da due venti contrari. Terribili sono le trombe marine. Si vedono le nubi formarsi a cono e colla punta toccare l'acqua. Questa poi si solleva alto, pur in forma di cono (fig. 72). Tutto il mare n'è sconvolto. Se una nave fosse colà,

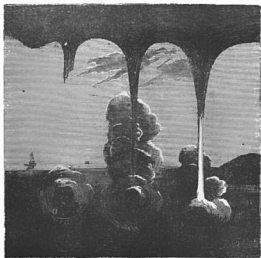



Fig. 72.

ne sarebbe miseramente subissata. — Una spaventosa tromba terrestre avveniva alli 30 di giugno 1865 su quel di Monza. Cascine ridotte in un mucchio di macerie, tetti levati via di botto e portati altrove, colonne di granito divelte e travolte

per l'aria, grosse cancellate di ferro contorte insieme, grossi alberi sbarbicati e scheggiati, ecco un'idea di ciò che fece quella tromba, senza nulla dire delle messi incenerite, delle campagne devastate, ecc. Chi visita il Museo civico di Milano può vedere a metà dello scalone un tronco di quercia come fu da quella meteora ridotto. — Un'altra tromba alli 28 luglio 1867 a Palazzolo (Udine) distrusse e danneggiò più di 100 case, restandovi molti morti e feriti. — Altri crede cagione delle trombe l'elettricità dell'atmosfera, che certo vi deve aver parte.

118. **Nubi.** — Se io sciorino al sole un panno bagnato, esso in poche ore è asciutto. Dov'è andata l'acqua di cui era inzuppato il panno? Essa pel calore solare è evaporata (57), cioè è andata in vapore. Questo vapore si sollevò nell'aria per la sua leggerezza. Così dal mare, dai laghi, dai fiumi e da tutti i luoghi si solleva continuamente vapore acqueo nell'atmosfera. Questo vapore si raduna poi in grandi masse dense e forma le nuvole, condensandosi un poco pel freddo di colassù.

Fig. 73.

Le nubi biancastre somiglianti a lana scardassata, si dicono *cirri*. — Le nubi arrotondate come monti, son chiamate *cumuli*. — Gli *strati* sono le nuvole a lunghe falde che si vedono al tramonto e prima del levar del sole. — Si dicono *nembi* le

nubi della pioggia, le quali sono di un colore grigio oscuro (fig. 66). — L'altezza delle nubi è di M. 1300 circa nell'inverno e di 4000 nell'estate.

118 *bis*. **Umidità atmosferica.** — L'aria contiene sempre maggiore o minore quantità di vapore acqueo (57); quando ne contiene molta, allora si dice *umida*. Quando ne contiene poco, l'aria è *secca*. Alcune sostanze indicano quando l'aria è umida. Così il sale di cucina si liquefà, la carta si inumidisce, i capelli si allungano, ecc. — Queste sostanze dotate di tale proprietà si dicono *sostanze igrometriche*. Gli strumenti per sapere il grado di umidità dell'aria son detti *igrometri* o *igroscopii*. L'igrometro è formato di un capello, al quale è attaccato un indice come una lancetta d'orologio. Accorciandosi o allungandosi, secondo lo stato igrometrico dell'aria, il capello fa muovere la lancetta, che indica i gradi di umidità dell'aria segnati sopra un quadrante. Gli *igroscopii* son formati, per lo più, quali piccole figurine di cartone che hanno un cappuccio o cappello mobile. Questo è attaccato ad un capello o ad un pezzo di minugia attorcigliato, il quale, accorciandosi o allungandosi, fa sì che il cappuccio copra o no la testa.

119. **Pioggia.** — Il freddo fa condensare i vapori, cioè fa ritornare i vapori in acqua (70). Perciò quando avviene freddo nelle alte regioni dell' atmosfera, i vapori delle nubi si condensano assai e si convertono in goccioline di acqua, le quali poi cadono in pioggia, pel loro peso, sulla terra.

Grandi e molti sono i benefizii delle pioggie. Ma il maggiore di tutti è certo quello di bagnare le campagne, ajutando la vegetazione. — Le pioggie di sangue, di animali e di zolfo, avvenute talvolta, son effetto di polveri minerali, del polline di fiori e di uova d'animaletti che il vento trasporta e che poi cadono insieme colla pioggia.

120. **Neve.** — Quando la temperatara dell'alta atmosfera è molto fredda, cioè è inferiore a 0°, i vapori delle nubi si congelano e formano la *neve*. Dunque la neve non è altro che acqua congelata. — La neve cade in falde o fiocchi. Se si osserva un fiocco di neve col microscopio, lo si vede composto di bellissime stelluzze sempre regolari e di varie forme quasi fiori geometrici (fig. 74). Si conoscono più di cinquanta forme diverse. Le stelluzze son formate di diacciuoli in forma di piccoli aghi trasparenti, i quali sono disposti fra loro in modo da formare un angolo di 60°. La neve poi appare bianca e opaca, perchè racchiude molt'aria. Così l'albume dell'uovo se si dibatte, si riempie di aria e anch'esso diventa bianco e opaco.

La neve è assai utile alla campagna, perchè è coibente (contenendo molt'aria ed essendo composta di parti piccolissime disunite (65), e perciò non lascia gelare la terra e conserva i semi e le piante nell'inverno. Di qui la giustezza della frase dei contadini: *La neve è la lana dei campi.*

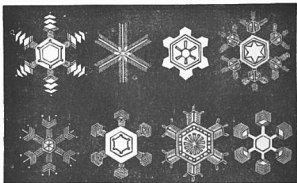



Fig. 74.

121. **Grandine.** — Se nell'atmosfera avviene un freddo molto intenso e repentino, le goccioline acquee delle nubi si convertono in diacciuoli in forma di globetti. Tale è la formazione della *grandine*, che tanto danneggia i campi e le vigne. Di essa si accagiona pure l'elettricità.

122. **Nebbia.** — Le *nebbie* son come nubi che si formano vicino a terra. Se il suolo umido è più caldo dell'atmosfera, il vapore acqueo si solleva nell'aria. Ma questa pel freddo lo fa condensare in piccolissime goccioline; pel che esso si fa visibile. Però il vapore acqueo, che visibilmente si solleva dalla pentola che bolle, è vera nebbia. — Le nebbie che si vedon sui fiumi, hanno talora diversa origine. Se aria calda e umida passa sopra di essi, il vapor acqueo vien condensato dal freddo della corrente d'acqua sottostante; donde la nebbia.

123. **Rugiada.** Se in estate verso dell'acqua fresca in un bicchiere, questo si appanna all'esterno. Cagione dell'appannamento sono molte goccioline acquee sul vetro. Il vapor acqueo nell'aria, toccando le pa-

reti fredde del bicchiere, vi si è condensato in quelle goccioline (70). Simile è la formazione della *rugiada*. Durante la notte la terra si raffredda, perchè irradia (61) il suo calore nello spazio. Il vapor acqueo dell'aria tocca il suolo freddo e vi si condensa in gocciolette di acqua, ossia di rugiada.

Le nubi sono coibenti (65), perciò mantengono il calore alla terra. Quindi in una notte nuvolosa non si forma rugiada. Così non formasi rugiada sotto le piante, i tetti, lungo un muro, una siepe, ecc., perchè questi ostacoli, non lasciano in quel luogo raffreddare la terra.

124. **Brina.** — Se di notte la terra si raffredda molto, il vapore acqueo dell'aria non solo si condensa in acqua, ma agghiaccia. Così formasi la *brina*, la quale è come rugiada agghiacciata. Essa si forma nelle notti molto serene d'autunno e di primavera, dopo un giorno caldo; e fa molto danno alle tenere piante, perchè se ne congela il succhio, allorchè disgelando i diacciuoli ed evaporando pel sorgente sole del mattino, rendono latente molto calore (66-68).

125. **Fulmine, lampo, tuono.** — Il *fulmine* è prodotto dall'elettricità delle nubi. — Se due nubi cariche di elettricità diversa si incontrano, succede una scarica elettrica, come di gran batteria elettrica (105). Il *lampo* o *baleno* è la scintilla, e il *tuono* è il rumore di quella scarica. — Il fulmine può succedere anche tra una nuvola carica d'elettricità e la terra. Questa scarica tra le nuvole e la terra può recare gravissimi danni. Il fulmine *che cade*, può uccidere di botto uomini e bestie, atterrare edifizi, incenerire e scoscendere alberi, fondere metalli, ecc.

126. **Parafulmine** (1). — I metalli, e principalmente le punte metalliche, *conducono* bene l'elettricità (102) (2). Il *parafulmine* è un'asta di ferro con punta d'oro o platino, che si pone sui comignoli delle

(1) Il parafulmine fu inventato dall'americano Beniamino Franklin nel 1755.

(2) Pericolosissima perciò è la stupida costumanza ch'è ne' villaggi di sonar le campane quando fa temporale. Essendo il metallo buon conduttore, la campana potrebbe attirare il fulmine che, trascorrendo per la corda, fulminerebbe al meno il campanaro. — Così pericoloso, durante un temporale, è lo star sotto le alte piante, presso le torri, i campanili, vicino ad un'acqua corrente; così aprir forte le finestre, mettersi a correre, appoggiarsi ad un muro, farsi vicino al focolare; meglio stare in mezzo della camera e lungi da ogni cosa alta o conduttrice.

case. Quest'asta poi va a finire fino dentro il suolo in luogo umido. Quando una nube temporalesca, carica di elettricità, passa sopra la punta del parafulmine, succede la scarica elettrica colla punta di questo. Così l'elettricità è condotta dall'asta metallica fino nel terreno, senza recar danno all'edificio. Un parafulmine può proteggere un fabbricato per la distanza all'ingiro di due volte l'altezza del parafulmine stesso.

127. **Fuochi di Sant' Elmo.** — Talora di notte, quando fa temporale, sulla punta delle croci delle chiese e dei campanili, sulle cime degli alberi delle navi e delle piante e fin sulle punte delle lancie e delle bajonette dei soldati appaiono delle fioche fiammelle. Il volgo ignorante e superstizioso le credette già apparizioni di santi e perciò ancor si dicono fuochi di *Sant'Elmo* o *di Sant'Elena* o *di S. Nicola*. Ma quelle fiamme non sono che elettricità della terra, che in forma di luce sfugge dalle punte, principalmente se metalliche, verso la nube temporalesca [1].

128. **Arcobaleno** [2]. — *L'arcobaleno* o *iride* è quel grande arco coi colori dello spettro solare (92) che apparisce talvolta in cielo dopo la pioggia. Per vedere l'arcobaleno, lo spettatore deve aver di dietro il sole e dinanzi la pioggia che cade da lontano. L'arcobaleno è prodotto dalla *rifrazione*, dalla *decomposizione* e dalla *riflessione* insieme dei raggi solari. Questi sono rifratti e decomposti dalle gocciole dell'acqua cadente, come nel prisma (92). Perciò presentano i sette colori dello spettro. Dipoi questi colori sono riflessi dall'acqua stessa all'occhio dello spettatore.

129. **Fata morgana** o **miraggio**. — Il *miraggio* o la *fata morgana* è un fenomeno che fa vedere sotto il suolo o nell'atmosfera l'immagine capovolta di oggetti lontani. Esso avviene principalmente nei deserti dell'Egitto. Qui alcune volte appare come un bel lago cogli alberi che si specchiano nelle acque. Anche sulle coste della Sicilia vedonsi talvolta piante, navi, castelli, uomini, apparire nell'atmosfera e poi

(1) Simile fenomeno si vede spesso nell'isoletta di S. Giulio in mezzo al lago Cusio (V. il mio *Galantuomo istruito*, 2.ª edizione).
(2) La prima vera spiegazione di questa meteora fu data da Marc'Antonio De Dominis di Spalatro nel 1611.

disparire. — Cagione del miraggio è una grande rifrazione (78). Questa è causata dalla diversa densità degli strati atmosferici. Per esempio, i raggi della pian-

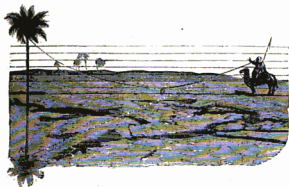



Fig. 75.

ta A (fig. 75) non giungono direttamente all' occhio dello spettatore, perchè quei raggi attraversano strati d' aria di diversa densità. Lo strato d' aria che tocca il suolo ardente, è assai meno denso degli altri di sopra. Perciò il raggio della pianta si piega verso O e di qui solo giunge all'occhio dello spettatore. E questi vede l'immagine capovolta della pianta in A'. Aggiungasi che lo strato che tocca il suolo ardente dà l' aspetto di un'acqua di lago o simile.

130. **Aurora boreale** (1). — Verso i due poli della terra appare spesse volte nelle notti serene come un gran bagliore nel cielo o come una nuvola luminosa. Questa è l' *aurora boreale*. Essa ha talora la forma di un grande arco luminoso, azzurro, giallo e verde. Altre volte ha l' aspetto d' un panneggiamento scintillante e a grandi pieghe (fig. 76), il quale si muove come fosse agitato dal vento. Ne escono poi grandi sprazzi di luce de' più vaghi colori. — L' elettricità terrestre pare certo la causa di questo mae-

(1) Fu descritta e spiegata dal Volta.

stoso fenomeno. — Ai poli non si ha quasi notte senza aurora boreale. Sembra che l'imparziale natura volesse compensare così quei luoghi delle lunghe notti

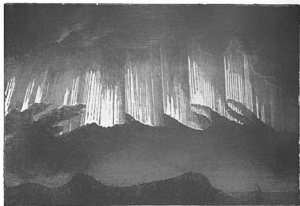



Fig. 76.

semestrali; affinchè pur colà, tra monti di eterni ghiacci e fra lo squallore di ogni cosa, in quel sublime e misterioso spettacolo l'infelice abitatore veda

« La gloria di **colui** che tutto move. » (Dante).

CONCLUSIONE

(V. pagina 102).

——.— ..— .— — —— ——— .——.
.— . .— —. —.. . .—.. .— —— .—.
— —.. . ..—.. .—.. ..— ——— ——
——— —.— ... . .—.—.— —— .
—. — .—. . .. —. —.. ——— ...— ...
—. .— . —.. .. ... —.—. .——— .——.
.—. . .— .——. ——— —.—. ———
.— .——. ——— —.—. ——— .—.. .—
.—. — . ... .— .——. .. .—. — . .
—— .. ... — . .—. .. ——— ... .— —..
. . —.. .—.. . ——— .——. . .—. . —..
.. ...— .. —. . .—.—.— . —— ..— .—..
——— —— —. — ..— .— ... ..—.. . .—..
—.—. .—. . .— — ——— .—. . .—.—.—
—. ..— ——— ...— . —— . .—. .— ...—
.. ——. .—.. .. . ————— —. .. ——.
.. ——— .—. —. ——— .. —. ...— . —.
— .— ——..——
——.. .—.. .— —. ——— .— .—..
.—... .... ———— . .—.. ..—. ——. .—..
.. ——— .———— ——— —— .. —— ... ..———

FINE DELLA FISICA SPERIMENTALE.

INDICE

CAPO I.

Dei corpi.

CAPO II.

Attrazione.

CAPO III.

Dei liquidi.

CAPO IV.

Dei gas.

CAPO V.

Acustica.

CAPO VI.

Del calore.

APPENDICE AL CAPO VI.

CAPO VII.

Della luce.

CAPO VIII.

Magnetismo.

CAPO IX.

Dell' elettricità.

APPENDICE

SULLE METEORE

—